

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Modernización de grúa eléctrica, doble gancho, doble  
carro 70 toneladas, concentradora Cuajone**

Willy alberto Flores Caceres  
Luis Enrique Alviz Ñaupá

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Arequipa, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Dr. Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Mg. William Vladimir Mullisaca Atamari  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 17 de Diciembre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "MODERNIZACIÓN DE GRÚA ELÉCTRICA, DOBLE GANCHO, DOBLE CARRO 70 TONELADAS, CONCENTRADORA CUAJONE", perteneciente al/ta/los/las estudiante(s) ALVIZ ÑAUPA LUIS ENRIQUE y FLORES CÁCERES WILLY ALBERTO, de la E.A.P. de Ingeniería Eléctrica; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 15 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: ) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Mg. William Vladimir Mullisaca Atamari  
Asesor de tesis

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, LUIS ENRIQUE ALVIZ ÑAUPA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 47271565, de la E.A.P. de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "MODERNIZACIÓN DE GRÚA ELÉCTRICA, DOBLE GANCHO, DOBLE CARRO 70 TONELADAS, CONCENTRADORA CUAJONE", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

21 de NOVIEMBRE de 2023.



LUIS ENRIQUE ALVIZ ÑAUPA

DNI. No. 47271565

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, WILLY ALBERTO FLORES CÁCERES, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 29737922, de la E.A.P. de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "MODERNIZACIÓN DE GRÚA ELÉCTRICA, DOBLE GANCHO, DOBLE CARRO 70 TONELADAS, CONCENTRADORA CUAJONE", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

21 de NOVIEMBRE de 2023.



---

WILLY ALBERTO FLORES CÁCERES

DNI. No. 29737922

# MODERNIZACIÓN DE GRÚA ELÉCTRICA, DOBLE GANCHO, DOBLE CARRO 70 TONELADAS, CONCENTRADORA CUAJONE

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>1%</b>	<b>%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>tesis.ipn.mx</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>www.elanelectric.cl</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>armadaled.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>sie.gob.do</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>digital.library.unt.edu</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>pdfcoffee.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	

		<1 %
10	<a href="http://www.aec.es">www.aec.es</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://wwwdev.ab.com">wwwdev.ab.com</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://archive.org">archive.org</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositoriodigital.ucsc.cl">repositoriodigital.ucsc.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://idus.us.es">idus.us.es</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.uasf.edu.pe">repositorio.uasf.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorioinstitucional.buap.mx">repositorioinstitucional.buap.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="https://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="https://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="https://www.gob.mx">www.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="https://www.fnsp.gov.cl">www.fnsp.gov.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="https://vdocumento.com">vdocumento.com</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="https://idoc.tips">idoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="https://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="https://dof.gob.mx">dof.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="https://www.computerweekly.com">www.computerweekly.com</a> Fuente de Internet	<1 %

33	<a href="https://mauresnicune.firebaseio.com">mauresnicune.firebaseio.com</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://www.delvallebox.com">www.delvallebox.com</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://revistascientificas.una.py">revistascientificas.una.py</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://repositoriotec.tec.ac.cr">repositoriotec.tec.ac.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://repositorio.upci.edu.pe">repositorio.upci.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://mission.sfgov.org">mission.sfgov.org</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://scielosp.org">scielosp.org</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://www.doccity.com">www.doccity.com</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://static.thermoscientific.com">static.thermoscientific.com</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="http://www.mazzellacompanies.com">www.mazzellacompanies.com</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %

45	D. A. Barrett. "An investigation of hoist-induced dynamic loads on bridge crane structures", Canadian Journal of Civil Engineering, 08/1996 Publicación	<1 %
46	es.cyclopaedia.net Fuente de Internet	<1 %
47	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	xdoc.mx Fuente de Internet	<1 %
50	cmx.org.mx Fuente de Internet	<1 %
51	creativecommons.org Fuente de Internet	<1 %
52	docslide.it Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.ulasamericas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

56	<a href="http://stileex.xyz">stileex.xyz</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://ceaa.esPOCH.edu.ec">ceaa.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://repositorio.uisrael.edu.ec">repositorio.uisrael.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://repositorio.ulatina.ac.cr">repositorio.ulatina.ac.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
62	Robert Antonio Salas Puente. "Gestión eficiente de los convertidores de potencia conectados al bus DC de una Microrred híbrida de generación distribuida", Universitat Politecnica de Valencia, 2019 Publicación	<1 %
63	<a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
64	<a href="http://riull.ull.es">riull.ull.es</a> Fuente de Internet	<1 %
65	<a href="http://www.kavo.com">www.kavo.com</a> Fuente de Internet	<1 %

66	<b>amaxofilia.com</b> Fuente de Internet	<1 %
67	<b>astre.scor.com</b> Fuente de Internet	<1 %
68	<b>proveedoresdemascarillas.com</b> Fuente de Internet	<1 %
69	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
70	<b>rpmesp.ins.gob.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
71	<b>www.baldwinfilters.com</b> Fuente de Internet	<1 %
72	<b>www.clubensayos.com</b> Fuente de Internet	<1 %
73	<b>www.eumed.net</b> Fuente de Internet	<1 %
74	<b>www.mem.gob.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
75	<b>campus.almagro.ort.edu.ar</b> Fuente de Internet	<1 %
76	<b>digitalcommons.fiu.edu</b> Fuente de Internet	<1 %
77	<b>dokumen.site</b> Fuente de Internet	<1 %

78	<a href="http://esp.reliabilityconnect.com">esp.reliabilityconnect.com</a> Fuente de Internet	<1 %
79	<a href="http://manualzz.com">manualzz.com</a> Fuente de Internet	<1 %
80	<a href="http://moam.info">moam.info</a> Fuente de Internet	<1 %
81	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
82	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
83	<a href="http://repositorio.untels.edu.pe">repositorio.untels.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
84	<a href="http://thiendang.net">thiendang.net</a> Fuente de Internet	<1 %
85	<a href="http://tr-ex.me">tr-ex.me</a> Fuente de Internet	<1 %
86	<a href="http://www.camaralaspalmas.com">www.camaralaspalmas.com</a> Fuente de Internet	<1 %
87	<a href="http://www.cotarai.org">www.cotarai.org</a> Fuente de Internet	<1 %
88	<a href="http://www.kascosharpotech.es">www.kascosharpotech.es</a> Fuente de Internet	<1 %
89	<a href="http://www.normalizacion.gob.ec">www.normalizacion.gob.ec</a> Fuente de Internet	<1 %

90	<a href="http://www.palfinger.com">www.palfinger.com</a> Fuente de Internet	<1 %
91	<a href="http://xlsgen.arstdesign.com">xlsgen.arstdesign.com</a> Fuente de Internet	<1 %
92	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 1 (1985)", Brill, 1987 Publicación	<1 %
93	<a href="http://aprenderly.com">aprenderly.com</a> Fuente de Internet	<1 %
94	<a href="http://yadokarigo.cocolog-nifty.com">yadokarigo.cocolog-nifty.com</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## **DEDICATORIA**

Este logro lo dedico a mi amada Sofia, quien siempre apoyo este emprendimiento para fortalecer nuestro hogar, a mis hijos Mauri, Vane, Agustín y Ezequiel, quienes son la luz que me inspira a seguir adelante.

Willy Flores

Esta tesis la dedico a mis amados padres, Adriana y Luis, que con su amor, trabajo y sacrificio me impulsaron siempre a ser un hombre de bien, ellos son la fuente de mi motivación e inspiración para poder superarme cada día más.

Luis Alviz

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer sobre todo a mi familia por haber soportado pacientemente mis ausencias en fechas representativas, para reuniones y acontecimientos importantes.

A Dios por haberme dado las fuerzas para dedicarme entusiastamente al logro de esta meta.

A mis profesores de la Universidad Continental, por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de los años de estudio.

Willy Flores

Gracias a Dios por brindarme salud y las energías necesarias para culminar con éxito la carrera de Ingeniería.

Gracias a la Universidad Continental por haberme permitido lograr mis metas profesionales y a todo su personal académico que estuvo presente en el proceso, directa e indirectamente.

Gracias a mi familia, por brindarme todo su apoyo incondicional, por ser la fuente de mis energías para seguir adelante en todo momento.

Gracias a mi gran amigo Willy Flores que me brindo sus consejos a lo largo de toda la carrera, que me motivó a seguir adelante y nunca rendirme.

Luis Alviz

## RESUMEN

El título de la Tesis es “Modernización de grúa eléctrica, doble gancho, doble carro 70 toneladas, Concentradora Cuajone”, y sirve para determinar el impacto de la modernización de una grúa puente eléctrico para optimizar los indicadores de confiabilidad, riesgo, mantenibilidad, disponibilidad y ciclo de vida del activo, que permanecerán en el tiempo. Asimismo, el resultado de la investigación determina los siguientes parámetros en el tema de confiabilidad  $R(t)$  [ % ] = 95.60 %, probabilidad de falla  $F(t)$  [ % ] = 4.40 % y función densidad  $f(t)$  [ % ] = 0.001704 %; en el tema de riesgo  $h(t)$  fallas/tiempo = 0.001783. Además, los resultados en el tema de mantenibilidad  $M(\%)$  = 99.98 %, tiempo promedio fuera de servicio probable  $TPFSp(h)$  = 8.62 horas, probabilidad de equipo en operación  $Ms(\%)$  = 10.95 %. De esta manera, los resultados en el tema de disponibilidad  $A(\%)$  = 97.76 %, tiempo promedio operativo  $TPO(h)$  = 377.032 horas, Tiempo promedio fuera de servicio  $TPFS(h)$  = 8.624 horas, tiempo promedio entre fallas  $TPEF(h)$  = 385.656 horas. El resultado de ciclo de vida está proyectado para 30 años de operación. De esta manera, se cumplieron los objetivos de la modernización mejorando significativamente el indicador de confiabilidad de 78.65 % a 95.60 % en un periodo de 72 horas. Asimismo, se logró demostrar que, que reduce la probabilidad de falla, se minimizan los riesgos y se cumplen eficientemente las normas y regulaciones vigentes que reduce el indicador de 21.35 % a 4.40 % en un periodo de 72 horas. Por tanto, se cumplió en demostrar el impacto de la modernización, mejorando el indicador de mantenibilidad y se logró gestionar un correcto programa de mantenimiento de 91.88 % a 95.67 % en un periodo de 24 horas. Además, se logró demostrar el impacto de la modernización mejorando el indicador de disponibilidad y de este modo tener el equipo operativo la mayor cantidad de tiempo de 96.91 % a 97.76 % en un periodo de 72 horas. También, se cumplió con demostrar el impacto de la

modernización mejorando el indicador ciclo de vida y se logró darle nuevamente una vida útil de 30 años, en los cuales será fundamental realizar un programa de mantenimiento a lo largo de todo este tiempo.

De esta manera, la investigación está orientada en servir como fundamento para futuras modernizaciones de equipos de izaje, tomando como base los datos del ERP SAP Módulo de Mantenimiento se puede concluir que a través de la historia registrada se pueden lograr los objetivos planteados como maximizar todos los indicadores. Así como optimizar los planes de mantenimiento cumpliendo estrictamente con hojas de ruta, posiciones, planes ejecutados, órdenes de trabajo, solicitud de repuestos y reportes de confiabilidad y costos de la grúa a través de SAP, utilizando todas las normas de selección y fabricación disponibles internacionalmente vigentes para este tipo de equipo.

**Palabras clave:** confiabilidad, riesgo, disponibilidad, mantenibilidad, gestión de activos.

## ABSTRACT

The title of our thesis is “Modernization of an Electric Crane, double hook, double trolley 70 tons, Cuajone Concentrator” which helps us to determine the impact of modernizing an electric bridge crane to optimize the indicators of Reliability, Risk, Maintainability, Availability and Life Cycle of the Asset, which will remain over time. The result of the investigation gives us the following parameters about Reliability  $R(t)$  [ % ] = 95.60 %, Failure Probability  $F(t)$  [ % ] = 4.40 % and Density Function  $f(t)$  [ % ] = 0.001704 %; in the topic of Risk  $h(t)$  Failures/Time = 0.001783. The results on the topic of Maintainability  $M(\%)$  = 99.98 %, Probable Average Time Out of Service  $TPFSp(h)$  = 8.62 hours, Probability of equipment in Operation  $M_s(\%)$  = 10.95 %. The results on the subject of Availability  $A(\%)$  = 97.76 %, Average Operative Time  $TPO(h)$  = 377.032 hours, Average Time Out of Service  $TPFS(h)$  = 8.624 hours, Average Time Between Failures  $TPEF(h)$  = 385.656 hours. The life cycle result is projected for 30 years of operation.

The objectives of the Modernization were met, significantly improving the reliability indicator from 78.65 % to 95.60 % in a period of 72 hours. It was possible to demonstrate that, by reducing the probability of failure, the risks are minimized, and the current norms and regulations are efficiently complied with, obtaining the indicator from 21.35 % to 4.40 % in a period of 72 hours. The impact of the modernization was demonstrated, improving the maintainability indicator, managing to manage a correct maintenance program from 91.88 % to 95.67 % in a period of 24 hours. It was possible to demonstrate the impact of the modernization by improving the Availability indicator and in this way having the operational team the greatest amount of time from 96.91 % to 97.76 % in a period of 72 hours. The Impact of Modernization was demonstrated by improving the Life Cycle indicator, again giving it a useful life of 30 years, in which it will be essential to carry out

a maintenance program throughout all this time.

The research is aimed at serving as a foundation for future modernization of *lifting* equipment, based on the data from the ERP SAP Maintenance Module, we can conclude that through the recorded history the objectives set can be achieved, such as maximizing all the indicators. As well as optimizing the Maintenance plans strictly complying with the Roadmaps, Positions, Executed Plans, Work Orders, Request for spare parts and Reports of Reliability and Costs of the Crane through SAP. Using all Internationally available selection and manufacturing standards in force for this type of equipment.

**Keywords:** reliability, risk, availability, maintainability, asset management.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	xiv
AGRADECIMIENTOS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xviii
ÍNDICE .....	xx
LISTA DE TABLAS .....	xxv
LISTA DE FIGURAS.....	xxvii
INTRODUCCIÓN .....	xxxii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1. Planteamiento del Problema .....	1
1.1. Antecedentes del problema .....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos .....	4
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Justificación e Importancia .....	5
1.4.1. Justificación técnica .....	5
1.4.2. Justificación económica .....	6
1.5. Hipótesis y Descripción de Variables .....	7
1.5.1. Hipótesis general .....	7
1.5.2. Hipótesis específicas .....	7
1.5.3. Variables, Dimensiones e Indicadores .....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCOTEÓRICO.....	8
2.1. Marco Referencial.....	8
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	8
2.2. Gestión de Activos .....	9
2.2.1. Consecuencias de no administrar correctamente un activo.....	9

2.2.2. ¿Por qué se debe utilizar un sistema de gestión de activos? .....	12
2.3. Conceptos y Tipos de Grúas Puente .....	14
2.4. Actualización de la Capacidad de su Grúa Aérea: lo que Necesita Saber .....	15
2.5. Seis Señales de que es Hora de Actualizar y Modernizar su Grúa Aérea.....	16
2.5.1. ¿Por qué actualizar o modernizar una grúa aérea?.....	16
2.6. ¿Qué partes de un sistema eléctrico de grúa se pueden actualizar? .....	19
2.7. Norma CMAA 70-2009 USA .....	20
2.7.1. Aislamientos de motor .....	20
2.7.2. Voltaje .....	21
2.7.3. Variaciones-AC.....	22
2.7.4. Accionamientos de elevación.....	23
2.7.5. Eficiencia mecánica del polipasto .....	25
2.7.6. Accionamientos de puentes y transversal.....	27
2.7.7. Relación de engranajes de accionamiento del polipasto .....	31
2.7.8. Controladores de corriente alterna .....	33
2.7.9. Control magnético .....	33
2.7.10. Control estático .....	34
2.7.11. Tableros de control.....	35
2.7.12. Características de protección y seguridad .....	38
2.7.13. Dispositivos de advertencia.....	40
2.7.14. Interruptores maestros .....	41
2.7.15. Sistemas de conductores del puente .....	41
2.7.16. Sistemas barras conductoras desplazamiento longitudinal .....	41
2.7.17. Caída de voltaje.....	42
2.7.18. Control remoto .....	43
2.8. Guía del comprador de CMAA-70-2008 .....	44
2.8.1. Clases de servicio de grúa CMAA .....	47
2.8.2. Clase A (servicio en espera o poco frecuente) .....	47
2.8.3. Clase B (servicio ligero).....	47
2.8.4. Clase C (servicio moderado).....	48
2.8.5. Clase D (servicio pesado).....	48
2.8.6. Clase E (servicio severo).....	48

2.8.7. Clase F (servicio continuo de severo) .....	48
2.8.8. CMAA Especificación N.º 78–2002 Inspecciones y Seguridad .....	49
2.9. Normas IP .....	49
2.9.1. Clase de aislamiento en los bobinados de los motores eléctricos .....	51
2.10. Norma NEC-610 grúas y polipastos eléctricos .....	51
2.11. Norma ASME B30.2-2005 Capítulo grúas Eléctricas. ....	53
2.11.1. Mantenimiento preventivo .....	53
2.12. Concepto y Fórmulas de Confiabilidad .....	57
2.12.1. Confiabilidad .....	57
2.12.2. Metodología para el cálculo de confiabilidad .....	59
2.12.3. Riesgo.....	60
2.12.4. La distribución exponencial .....	60
2.12.5. La distribución Weibull.....	62
2.12.6. La distribución Log-Normal.....	64
2.12.7. Distribución gamma .....	66
2.13. Fórmulas de Mantenibilidad .....	67
Característica .....	67
2.13.1. Método gráfico-analítico .....	67
2.14. Fórmulas de Disponibilidad.....	68
Característica .....	68
2.14.1. Disponibilidad física .....	68
2.14.2. Disponibilidad planeada .....	69
2.14.3. Disponibilidad de operación.....	69
2.15. ¿Qué es SAP?.....	69
2.15.1. Planificación de mantenimiento en PM-SAP.....	70
2.16. Bases Teóricas .....	72
2.16.1. Activo .....	72
2.16.2. Norma ISO 55000 .....	73
2.16.3. Planificación.....	74
2.16.4. Grúa puente .....	74
2.16.5. Carros testers .....	75
2.16.6. Ruedas finales .....	75

2.16.7. Mandos y controles .....	76
2.16.8. Norma CMAA 70-2009 .....	76
2.16.9. Equipos eléctricos .....	76
2.16.10. Motores CA.....	77
2.16.11. Frenos.....	77
2.16.12. Tableros.....	77
2.16.13. Resistencias.....	78
2.16.14. Interruptores de límite.....	78
2.16.15. Variadores de frecuencia VFD.....	78
2.16.16. Control remoto .....	79
2.16.17. Normas IP .....	79
2.16.18. Estrategia predictiva.....	80
2.16.19. Mantenimiento proactivo .....	81
2.16.20. Gestión mantenimiento .....	82
2.16.21. Confiabilidad.....	82
2.16.22. Capex .....	83
2.16.23. Opex .....	84
2.16.24. Mantenibilidad.....	84
2.16.25. Disponibilidad.....	84
2.16.26. TPF-MTTF .....	85
2.16.27. TPR-MTTR.....	85
2.16.28. TMEF-MTBF.....	85
2.16.29. Vida útil .....	86
2.16.30. SAP PM .....	86
2.16.31. Planes de mantenimiento .....	87
2.16.32. Hojas de Ruta.....	87
2.16.33. Estrategias de mantenimiento .....	88
2.16.34. Norma ISO 14224 Taxonomía Activos Físicos .....	88
CAPÍTULO III .....	90
METODOLOGÍA.....	90
3. Método y Alcance de la Investigación.....	90
3.1. Método de la investigación .....	90

3.2. Tipo de investigación .....	90
3.3. Nivel de Investigación .....	90
3.4. Unidad de Estudio de la Investigación.....	90
3.5. Herramientas de la Investigación.....	91
3.6. Herramientas Matemáticas de la Investigación .....	91
3.7. Procedimiento de la Elaboración de la Investigación .....	92
CAPÍTULO IV .....	95
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	95
4.1. Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información .....	95
4.1.1. Resultados de Confiabilidad.....	95
4.1.2. Resultados de Riesgo .....	102
4.1.3. Resultados de mantenibilidad.....	103
4.1.4. Resultados de Disponibilidad.....	106
4.1.5. Resultados de “ciclo de vida” .....	111
4.2. Resultados taxonomía ISO 14224 grúa puente Molinos GRC1091 .....	112
4.2.1. Datos Maestros ISO 14224 Grúa Molinos 70 Tn.....	113
4.2.2. Estructura de ubicaciones y equipos ISO 14224 Grúa 70 T. ....	115
4.2.3. Hoja de ruta grúa Molinos 70 T. ....	118
4.2.4. Plan Mantenimiento Grúa Molinos 70 T.....	119
4.3. Evidencias en tablas pre-post modernización .....	121
4.4. Discusión de Resultados .....	129
CONCLUSIONES .....	132
RECOMENDACIONES .....	134
REFERENCIAS.....	136
ANEXOS .....	139

## LISTA DE TABLAS

Tabla 01: Variables, Dimensiones e Indicadores. ....	7
Tabla 02: Aumento de la temperatura de bobinado del motor permisible.....	21
Tabla 03: Tensión nominal del sistema y del motor.....	22
Tabla 04: Clasificaciones mínimas del tiempo del motor en minutos.....	23
Tabla 05: Valores de eficiencia típicos Rodamientos .....	24
Tabla 06: Eficiencia mecánica general del polipasto .....	25
Tabla 07: Guía para el movimiento de viaje rango típico de tasas de aceleración.....	28
Tabla 08: Valores recomendados de K1 (factor de par de aceleración).....	29
Tabla 09: Valores sugeridos para f (factor de fricción).....	29
Tabla 10: Valores recomendados del accionamiento transversal clase de factor.....	29
Tabla 11: Clasificaciones de contactores de CA motores de jaula de ardilla.....	34
Tabla 12: Descripciones del tipo de gabinete según NEMA.....	37
Tabla 13: Comparación Clasificación de tipo de gabinete. ....	38
Tabla 14: Clasificaciones de contactores de CA para entrada de línea principal.....	39
Tabla 15: Velocidades de funcionamiento sugeridas (pies/minuto).....	43
Tabla 16: Velocidades sugeridas (pies/minuto) radio controlados Grúa.....	43
Tabla 17: Velocidades sugeridas grúas controladas por cabina de (pies/minuto).....	44
Tabla 18: Horas de operación de rodamiento por clase.....	46
Tabla 19: Valores para el primer número IP .....	49
Tabla 20: Descripciones por el tipo de Cubierta para todos los motores. ....	50
Tabla 21: 610.14(A) Amperajes de conductores de cobre aislados. ....	52
Tabla 22: Factores de corrección de amperaje (a).....	53
Tabla 23: Factores de corrección de amperaje (b).....	53
Tabla 24: Resultados Confiabilidad pre-post modernización.....	96
Tabla 25: Resultados Riesgo pre-post modernización .....	102
Tabla 26: Resultados mantenibilidad pre-post modernización.....	103
Tabla 27: Resultados Disponibilidad pre-post modernización.....	106
Tabla 28: Resultado 5.15.8 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	121
Tabla 29: Resultado 5.15.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	121
Tabla 30: Resultado 5.4.7 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	122
Tabla 31: Resultado 5.6.8 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	122

Tabla 32: Resultado 5.2.1.3 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	123
Tabla 33: Resultado 5.5.2 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	123
Tabla 34: Resultado 5.15.6 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	124
Tabla 35: Resultado 5.2.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	124
Tabla 36: Resultado 5.6.10 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	125
Tabla 37: Resultado 5.3.4 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	125
Tabla 38: Resultado 5.4.2 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	126
Tabla 39: Resultado 5.1.4 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	126
Tabla 40: Resultado 5.13.2 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	127
Tabla 41: Resultado 5.14.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	127
Tabla 42: Resultado 5.12.2 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	128
Tabla 43: Resultado 5.15.8 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	143
Tabla 44: Resultado 5.15.6 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	143
Tabla 45: Resultado 5.2.1.3 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	144
Tabla 46: Resultado 5.2.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico.....	144
Tabla 47: Resultado de acondicionamiento viga principa de Grúa. ....	145
Tabla 48: Resultado ensamble de dos vigas Grúa Puente. ....	145
Tabla 49: Resultado desmontaje-montaje Viga principal Grúa.....	146
Tabla 50: Resultado desmontaje-montaje Polipasto principal Grúa. ....	146
Tabla 51: Resultado desmontaje-montaje en piso Polipasto principal Grúa. ....	147
Tabla 52: Resultado detalle de ambos Polipastos Grúa.....	147
Tabla 53: Resultado 5.2.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúa.....	148
Tabla 54: Resultado desmontaje-montaje Viga principal Grúa.....	148
Tabla 55: Resultado 5.2.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúa.....	149

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Lista de 76 grúas. Planta Concentradora Cuajone. El equipo N.º 37 fue el seleccionado .....	3
Figura 02: Puente Grúa de 35+35 toneladas. ....	4
Figura 03: Etapas de ciclo de vida de la grúa cubierta por la tesis. Fuente: Gestión de activos e Influencias, A.E.C. Asociación Española, 2017 .....	6
Figura 04: Central Hidroeléctrica Rusia-1978 6.4 GW de Potencia.....	9
Figura 05: Vista de 10 Generadores, Grúa, tanques de aire y aceite. ....	10
Figura 06: Destrucción casi total de la Sala de Máquinas generadoras.....	11
Figura 07: Consecuencias de no administrar correctamente un activo. ....	11
Figura 08: Línea de visión de la alta dirección.....	12
Figura 09: ¿Que es la Gestión de activos para ISO 55000? .....	13
Figura 10: Técnicas Modernas de Ing. de Mantenimiento y Confiabilidad.....	13
Figura 11: Beneficios Anticipados de la Gestión de activos. ....	14
Figura 12: Activo óptimo a seleccionar. ....	20
Figura 13: Modos de falla de Equipos Eléctricos. ....	54
Figura 14: Impacto de las paradas por intervenciones.....	54
Figura 15: Inspección de Ultrasonido Equipos Eléctricos. ....	55
Figura 16: Inspección de imágenes Infrarrojo Equipos Eléctricos.....	55
Figura 17: Otros Métodos de Prueba Eléctricos. ....	56
Figura 18: Análisis de los costes de ciclo de vida.....	57
Figura 19: Mantenimiento basado en Programa de confiabilidad (a). ....	58
Figura 20: Mantenimiento basado en Programa de confiabilidad (b). ....	59
Figura 21: Valor agregado y la confiabilidad operacional. ....	59
Figura 22: Gráfico de función densidad exponencial.....	61
Figura 23: Gráfico de Función Distribución Exponencial. ....	62
Figura 24: Gráfico de Función Densidad Weibull .....	63
Figura 25: Gráfico de Función Distribución Weibull.....	63
Figura 26: Gráfico de Función Densidad Log-Normal.....	65
Figura 27: Gráfico de Función Distribución Log-Normal. ....	65
Figura 28: Gráfico de Función Distribución Gamma.....	67
Figura 29: Módulos componentes de SAP-ERP.....	70

Figura 30: Funcionalidades del módulo SAP –PM. ....	71
Figura 31: Catálogos como soporte a la Gestión-Clasificación. ....	72
Figura 32: Valor comparativo entre el riesgo y el valor del activo. ....	73
Figura 33: Gestión de activos, Categoría Clase Mundial. ....	74
Figura 34: Vista de una grúa puente y sus principales componentes. ....	75
Figura 35: Descripciones de prefijos de tipo de gabinete. ....	80
Figura 36: Clasificación de las estrategias de mantenimiento. ....	81
Figura 37: Objetivos recomendados por expertos en mantenimiento. ....	82
Figura 38: Incertidumbre de Costos en Confiabilidad. ....	83
Figura 39: Conceptos de disponibilidad. ....	85
Figura 40: Contextualizando la gestión desde SAP-PM. ....	87
Figura 41: Clasificación Taxonómica y Niveles Taxonómicos. ....	89
Figura 42: Flujograma de decisión de la modernización. Fuente: Elaboración propia. ....	92
Figura 43: Base de datos obtenida de SAP y tendencia de fallas 2015-2018. ....	97
Figura 44: Confiabilidad a 24 horas, periodo 2015-2018. ....	97
Figura 45: Gráficos de función distribución exponencial, 24 horas 2015-2018. ....	98
Figura 46: Confiabilidad a 72 horas, periodo 2015-2018. ....	99
Figura 47: Gráficos de Función Distribución Exponencial, 72 horas 2015-2018. ....	99
Figura 48: Base de datos obtenida de SAP y tendencia de fallas 2019-2022. ....	100
Figura 49: Confiabilidad a 24 horas, periodo 2019-2022. ....	100
Figura 50: Gráficos de función distribución LogNormal, 24 horas 2019-2022. ....	101
Figura 51: Confiabilidad a 72 horas, periodo 2019-2022. ....	101
Figura 52: Gráficos de función distribución LogNormal, 72 horas 2019-2022. ....	102
Figura 53: Mantenibilidad a 24 horas, periodo 2015-2018. ....	104
Figura 54: Mantenibilidad a 72 horas, periodo 2015-2018. ....	104
Figura 55: Mantenibilidad a 24 horas, periodo 2019-2022. ....	105
Figura 56: Mantenibilidad a 72 horas, periodo 2019-2022. ....	105
Figura 57: Disponibilidad a 24 horas, periodo 2015-2018. ....	107
Figura 58: Modos de falla (disponibilidad) a 24 horas, periodo 2015-2018. ....	107
Figura 59: Disponibilidad a 72 horas, periodo 2015-2018. ....	108
Figura 60: Modos de falla (disponibilidad) a 72 horas, periodo 2015-2018. ....	108
Figura 61: Disponibilidad a 24 horas, periodo 2019-2022. ....	109

Figura 62: Modos de falla (disponibilidad) a 24 horas, periodo 2019-2022. ....	109
Figura 63: Disponibilidad a 72 horas, periodo 2019-2022. ....	110
Figura 64: Modos de falla (disponibilidad) a 72 horas, periodo 2019-2022. ....	110
Figura 65: Costos no programados (NP) vs programados (PM) 2015-2018. ....	111
Figura 66: Trabajo real no programados (NP) vs Costo total general 2015-2018. ....	111
Figura 67: Costos no programados (NP) vs programados (PM) 2018-2021. ....	111
Figura 68: Trabajo Real No Programados (NP) vs Costo total General 2018-2021. ....	112
Figura 69: Clasificación y niveles taxonómicos. ....	112
Figura 70: Denominación y descripción-ubicación técnica. ....	113
Figura 71: Detalles de emplazamiento-ubicación técnica. ....	113
Figura 72: Organización y cuenta-ubicación técnica. ....	114
Figura 73: Estructura de ubicación técnica. ....	114
Figura 74: Plano y memoria descriptiva-ubicación técnica. ....	115
Figura 75: Sistema eléctrico panel N.º 1 puente birriel. ....	115
Figura 76: Motores del puente M1B desplazamiento longitudinal. ....	115
Figura 77: Motores y variadores (VFD) Izar lado A. ....	116
Figura 78: Panel eléctrico izaje lado B. ....	116
Figura 79: Motores desplazamiento transversal lado B. ....	116
Figura 80: Reductores motores puente lado 1A. ....	117
Figura 81: Reductores de motores desplazamiento longitudinal. ....	117
Figura 82: Reductor motor izaje lado B. ....	117
Figura 83: Polipasto desplazamiento longitudinal lado B. ....	118
Figura 84: Cabecera de hoja de ruta CCRA0001. ....	118
Figura 85: Resumen de operación hoja de ruta CCRA0001. ....	119
Figura 86: Plan de mantenimiento-estrategia 38298. ....	119
Figura 90: Listado de órdenes y operaciones-2022. ....	119
Figura 91: Orden de mantenimiento preventivo 2003873792. ....	120
Figura 92: Orden de mantenimiento puesto de trabajo y fechas. ....	120
Figura 93: Carta de autorización de uso de información de empresa. ....	139
Figura 94: Vista Frontal de Grúa Modernizada. ....	140
Figura 95: Vista Superior de Grúa Modernizada. ....	140
Figura 96: Vista Lateral Izquierda de Grúa Modernizada. ....	141

Figura 97: Especificaciones de Grúa Modernizada.....	141
Figura 98: Detalles y Normas de Grúa Modernizada. ....	142
Figura 99: Vistas de Planos del Fabricante EMH. ....	142
Figura 100: Vistas y Dimensiones de Planos del Fabricante EMH. ....	142
Figura 101: Oferta Económica de modernización de Grúa puente.....	150
Figura 102: Informe técnico de Montaje de Grúa puente .....	151
Figura 103: Certificado de Garantía de Grúa puente.....	152
Figura 104: Acta de conformidad de Modernización de grúa puente (a) .....	153
Figura 105: Acta de conformidad de Modernización de grúa puente (b).....	154
Figura 106: Declaración de garantía EMH .....	155
Figura 107: Memoria Descriptiva de Proyecto de Modernización de grúa puente (a) ....	156
Figura 108: Memoria Descriptiva de Proyecto de Modernización de grúa puente (b)....	157
Figura 109: Memoria Descriptiva de Proyecto de Modernización de grúa puente (c) ....	158
Figura 110: Memoria Descriptiva de Proyecto de Modernización de grúa puente (d)....	159
Figura 111: Protocolo de Pruebas de funcionamiento (a). ....	160
Figura 112: Protocolo de Pruebas de funcionamiento (b). ....	161
Figura 113: Protocolo de Pruebas de funcionamiento (c). ....	162
Figura 114: Protocolo de Pruebas de funcionamiento (d). ....	163
Figura 115: Certificado de pruebas de inspección (a). ....	164
Figura 116: Certificado de pruebas de inspección (b). ....	165
Figura 117: Plano eléctrico de Panel de grúa puente.....	166
Figura 118: Plano eléctrico de alimentación de motores de 7.5 HP grúa puente.....	167
Figura 119: Plano eléctrico de alimentación de motores de 40 y 1.5 HP grúa puente (carro 1).....	168
Figura 120: Plano eléctrico de alimentación de motores de 40 y 1.5 HP grúa puente. (carro 2).....	169
Figura 121: Plano eléctrico entradas de los carros de la Grúa. ....	170
Figura 122: Plano eléctrico de entradas de control de la Grúa. ....	171
Figura 123: Plano eléctrico de las salidas de la Grúa (a). ....	172
Figura 124: Plano eléctrico de las salidas de la Grúa (b). ....	173
Figura 125: Plano eléctrico de las salidas de la Grúa (c). ....	174
Figura 126: Plano eléctrico de las salidas de la Grúa (d). ....	175

Figura 127: Plano eléctrico del sistema de control de la grúa puente. ....	176
Figura 128: Plano eléctrico Del Panel A. ....	177
Figura 129: Plano eléctrico Del Panel B. ....	178
Figura 130: Plano eléctrico Del Panel C. ....	179
Figura 131: Plano eléctrico del Display. ....	180
Figura 132: Plano eléctrico Del Panel E.....	181
Figura 133: Plano de disposición de control Remoto.....	182

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en la grúa puente de Molinos Norte de 70 toneladas de capacidad, ubicada en la planta concentradora del asiento minero Cuajone, departamento de Moquegua, para la modernización de forma integral de todos los componentes eléctricos, instrumentación y mecánicos. Por lo que se estructuró en el flujograma (ver figura 42). Previa investigación de los datos históricos de los años 2015 hasta 2018, registrados en el ERP SAP Módulo de Mantenimiento, se obtuvieron los siguientes índices a 72 horas en operación: de confiabilidad en 78.65 %, mantenibilidad en 99.95 % y disponibilidad en 96.91 %. El valor crítico de  $R(t)=78.65\%$  de confiabilidad demuestra que este equipo estaba llegando al final de su “vida útil”, lo que se traduce en fallas repetitivas, mayor costo de mantenimiento y condiciones de riesgo al aumentar la  $F(t)=21.35\%$  de probabilidad de falla. Luego de los estudios y posibles soluciones se optó por la modernización completa, y se logró a la fecha entre los periodos 2019 hasta 2022, donde se obtuvieron los siguientes índices a 72 horas en operación: de confiabilidad en 95.60 %, mantenibilidad en 99.98 % y disponibilidad en 97.76 %. El valor crítico de  $R(t)$  de confiabilidad aumentó en 16.95 % y se demuestra que el éxito deseado se logró eliminando todas las fallas repetitivas, menor costo de mantenimiento y condiciones de riesgo al disminuir la  $F(t)=4.40\%$  de probabilidad de falla.

Por tanto, para lograr el objetivo general impacto de la modernización, al analizar todas las tecnologías disponibles se optó por 4 líneas de alimentación eléctrica longitudinal servicio pesado con 40 % de sobrecarga, 5 variadores de frecuencia VFD Clase CMAA Tipo “D”, 10 Motores eléctricos IP55 con aislamiento clase “F” con freno de disco incorporado y rectificador incorporado en la caja de conexiones, 2 motores de ellos con termo-switch en los estatores, 1 Sistema de control remoto con *display* de peso, 1 sistema

de control de sobrecarga y peso automático con comunicación inalámbrica, 1 PLC 24 VDC con 3 módulos de entrada y 2 de salida, 3 tableros NEMA 4X con circuitos 440VA fuerza y 110VAC control, 2 bancos de resistencias de freno dinámico regenerativo para ambos ganchos, 2 tacómetros de posicionamiento de los ganchos principales, 2 sensores de peso digitales instalados en ambos tambores de izaje, 2 indicadores de peso en cabina aérea y control remoto, 6 *switchs* limitadores de carrera para todos los movimientos, 1 tablero de control manual con 2 *joysticks* y selector de ganchos, 3 juegos de luces estroboscópicas, 3 juegos de sirenas audibles para cada movimiento.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1. Planteamiento del Problema

#### 1.1. Antecedentes del problema

Como parte del Proyecto Minero de 1976, construido en la Planta Concentradora Cuajone, Moquegua, Perú, se instaló una grúa puente de doble gancho de 35 + 35 toneladas de capacidad. La marca original de este equipo antiguo fue Vaughan Crane Company, originada en Manchester, England en 1889. Sin embargo, a la fecha no registra actividad desde mediados de 1988, razón por la cual no fabrican más componentes para sus equipos vendidos hasta ese periodo.

Asimismo, existen problemas recurrentes de fallas producidas en este equipo, sin poder darle solución definitiva, por falta de repuestos originales. Lo que provoca paradas intempestivas por fallas de los elementos eléctricos y mecánicos relacionados a la grúa puente, por lo que se suscitan condiciones subestándares.

El equipo está ubicado en el Área de los 11 Molinos primarios y se utiliza para el carguío de bolas, así como para labores de mantenimiento, que es parte del proceso de molienda, de la planta concentradora en la Mina Cuajone.

Las causas de la inoperatividad recurrente de este equipo se deben a la falta de repuestos, debido a la antigüedad del equipo, tiene 42 años de operación; el fabricante original de la grúa no existe y no se cuentan con los repuestos originales y/o adecuados. Por tanto, ya nadie los fabrica, para mantener la operatividad del equipo actualmente se está adaptando componentes alternativos, lo que disminuye la confiabilidad y aumenta el riesgo en el equipo.

Además, en la parte eléctrica, la grúa contaba de antiguos motores de inducción con rotor bobinado, con sistemas de porta carbones con sus correspondientes bancos de resistencias de

gran tamaño para la regulación de los 3 o 4 saltos de velocidad que tenían; en los sistemas de control de secuencia y velocidad, estos constaban en una serie de innumerables relés, enclavamientos, accionamientos, contactores y cajas con palancas y selectores, con múltiples interruptores para conmutar las velocidades. Todos ellos componentes electromecánicos de gran tamaño y peso, los gabinetes que soportaban todos estos dispositivos, prácticamente, ocupaban gran parte de las vigas puente, también eran componentes de gran envergadura, propios de la época.

**Figura 01:** Lista de 76 grúas. Planta Concentradora Cuajone. El equipo N.º 37 fue el seleccionado Fuente: Elaboración propia



**Figura 02:** Punte Grúa de 35+35 toneladas. *Fuente: Elaboración propia*

## **1.2. Planteamiento del Problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿La modernización de la grúa puente eléctrico de doble gancho de doble carro de 70 toneladas, de la concentradora Cuajone, mejorará los indicadores de confiabilidad y riesgo de esta?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- i. ¿La modernización de la grúa puente eléctrico mejorará el indicador de mantenibilidad?
- ii. ¿La modernización de la grúa puente eléctrico mejorará el indicador de disponibilidad?
- iii. ¿La modernización de una grúa puente eléctrico mejorará el “ciclo de vida del activo”?

### **1.3. Objetivos**

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

Determinar el impacto de la modernización de una grúa puente eléctrico en los indicadores de confiabilidad y riesgo en el tiempo.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- i. Calcular el indicador de mantenibilidad en el tiempo debido a la modernización de la grúa puente eléctrico.
- ii. Calcular el indicador de disponibilidad en el tiempo debido a la modernización de la grúa puente eléctrico.
- iii. Calcular el “ciclo de vida del activo” después de la modernización de la grúa puente eléctrico.

### **1.4. Justificación e Importancia**

#### **1.4.1. Justificación técnica**

El proyecto servirá para asegurar la confiabilidad y seguridad (gestión del riesgo) en el funcionamiento del equipo. La confiabilidad aumentará a valores por encima del 95 %.

El beneficio se podrá medir en la mejora de la disponibilidad, mantenibilidad por encima de 94 % y operatividad del equipo, cada vez que sea utilizado para las labores de carguío de bolas de molienda, así como las actividades de mantenimiento, dentro de la Planta de Molinos Primarios.

Todo el equipamiento seleccionado, cumple rigurosamente con las normas:

- **Parte eléctrica.** NEMA, UL, CSA, CMAA-70, CMAA-70 Guía Comprador, ASME B30.2, NEC 2017, artículo 610, CMAA-78 Estándares y Guías, CMAA Clase “D”.

- **Parte gestión de activos.** ISO-55000, ASME 2013, ACCV (análisis de costo del ciclo de vida), ISO-14224.
- **Parte Seguridad.** RSSO 023-024-EM (Seguridad y Salud en Minería) Perú, DS-024 2016-IPERC, anexo 7 Perú, Política Nacional 2017-2021 Perú.

Se logró así poder obtener los más altos rendimientos a través de todo el “ciclo de vida de este activo”, para grúas puente de gran envergadura. (1)



**Figura 03:** Etapas de ciclo de vida de la grúa cubierta por la tesis. Fuente: Gestión de activos e Influencias, A.E.C. Asociación Española, 2017

En esta figura se puede apreciar las etapas de un ciclo de vida de un equipo en este caso de la Grúa tipo puente, esta Tesis abarca desde la etapa de Plan de negocios, compra, modernización del activo, operación y mantenimiento.

#### 1.4.2. Justificación económica

Resolverá el costo alto de la adquisición de repuestos, debido a que estos son muy escasos. La modernización de la grúa contará con un equipo integral completamente nuevo, actualizado con lo último en tecnología de grúas puente de gran envergadura; dicho sea de paso, será la primera grúa modernizada de esta capacidad y tamaño en el Perú.

## 1.5. Hipótesis y Descripción de Variables

### 1.5.1. Hipótesis general

La modernización de la grúa puente eléctrico mejorará los indicadores de confiabilidad y riesgo en el tiempo.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

- i. Es posible mejorar el indicador de mantenibilidad en el tiempo con la modernización de la grúa puente eléctrico.
- ii. Es posible mejorar el indicador de disponibilidad en el tiempo con la modernización de la grúa puente eléctrico.
- iii. Es posible mejorar el indicador de “ciclo de vida del activo” con la modernización de la grúa puente eléctrico.

### 1.5.3. Variables, Dimensiones e Indicadores

**Tabla 01:** Variables, dimensiones e indicadores

<b>Variable independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Modernización de la grúa puente eléctrico	Disponibilidad	Función Densidad [f(t) (%)] Disponibilidad [A (%)]
	Operatividad	Probabilidad de equipo en Operación [Ms (%)] tiempo promedio operativo [TPO (h)]
<b>Variables dependientes</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Confiabilidad	Mantenimiento	Mantenibilidad [M (%)] tiempo promedio fuera de servicio probable [TPFSp (h)]
	Tiempo de servicio (equipo operativo)	Tiempo promedio fuera de servicio [TPFS (h)]
Riesgo	Probabilidad de falla (tiempo de equipo inoperativo)	Probabilidad de falla [F(t) (%)] tiempo promedio entre fallas [TPEF (h)]
		Fallas/tiempo [h (t)]

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco Referencial

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En el estudio que lleva por título “La estrategia predictiva en el mantenimiento industrial”, los efectos que da lugar a un buen cronograma de mantenimiento preventivo o predictivo en las máquinas, los cuales tienen un tiempo determinado para su ejecución. Cabe resaltar que ese intervalo de tiempo no significa una pérdida, debido a que en dichos mantenimientos se revisan y se llega a conocer cuáles son los componentes que merecen tener atención y actuar para prever trabajos con antelación. Por el contrario, si no se lleva a cabo un correcto cronograma de mantenimiento y se efectúan más intervenciones de las que realmente son necesarias se pierde rentabilidad y recursos en condiciones de mantenimiento predictivo (2),

Por otra parte, en el trabajo denominado “Consideraciones sobre el impacto económico de la confiabilidad, en el análisis de costos de ciclo de vida ACCV de un activo de Producción”, la durabilidad de un sistema, proceso, elemento, componente y equipo es el intervalo de tiempo que se estima que pueda trabajar correctamente sin problemas.

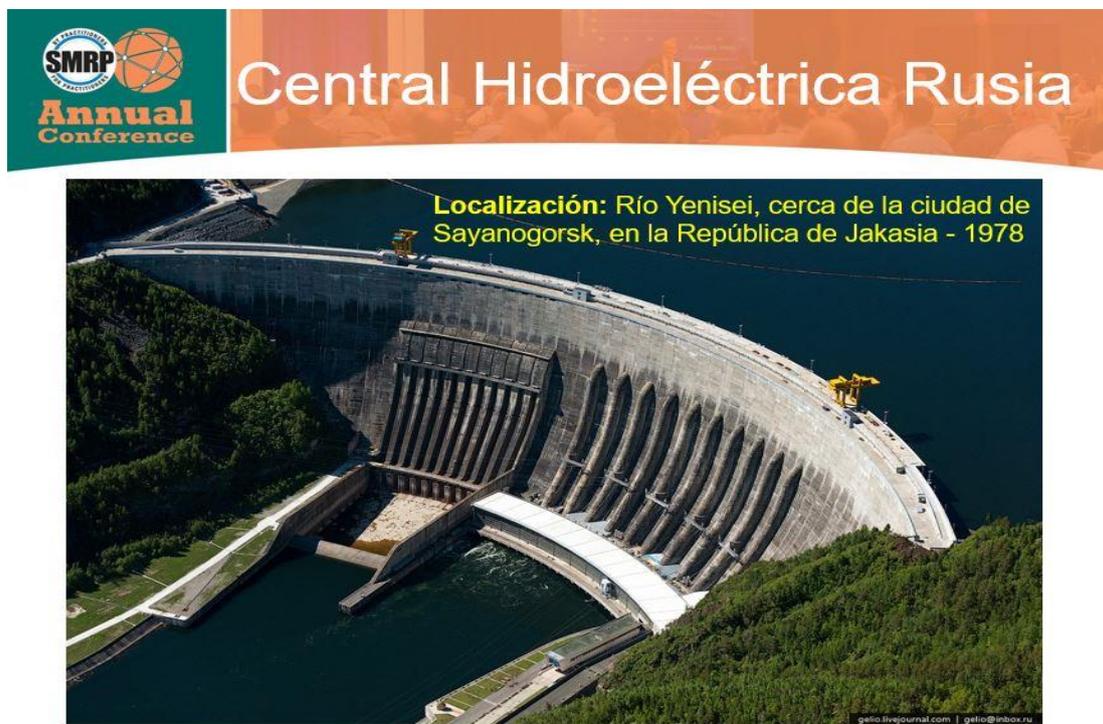
- **Vida tecnológica.** Intervalo de tiempo esperado de durabilidad que se estima pueda tener un componente hasta su caducidad u obsolescencia.
- **Vida útil.** Intervalo de tiempo estimado que el componente cumpla satisfactoriamente su labor dentro de regulaciones de operación de diseño establecido.
- **Vida económica.** Intervalo de tiempo esperado en el cual los componentes puedan producir los costos más bajos, mayor rentabilidad dentro de un periodo de producción. (3)

En la publicación “Qué partes de un sistema eléctrico de grúa se pueden actualizar”. Con

la introducción de los variadores de frecuencia, los microprocesadores ahora controlan todos los componentes del sistema de accionamiento y proporcionan curvas de aceleración y desaceleración más suaves. Esto permite arranques suaves, transiciones de velocidad sin distorsiones y paradas lentas, lo que reduce en gran medida la tensión en las cajas de engranajes, acopladores, vigas y otros componentes de la grúa. Esto también prolonga en gran medida la vida útil del sistema de frenos, ya que el VFD controla y ralentiza el motor, mientras que los frenos actúan principalmente como un control para evitar que la grúa se mueva. Además, al eliminar arranques y paradas bruscas de la grúa, obtiene mucho menos balanceo de carga porque la grúa se frena de manera controlada, lo que la hace más segura para todos en el piso. (4)

## 2.2. Gestión de Activos

### 2.2.1. Consecuencias de no administrar correctamente un activo



**Figura 04:** Central Hidroeléctrica Rusia-1978 6.4 GW de Potencia. Fuente: Connecting Asset Management, SMRP Annual Conference, 2014

La central hidroeléctrica ubicada en la ciudad de Sayanogorsk, Rusia, está compuesta de 10 turbinas, cada una con una capacidad de 640 MW de potencia.

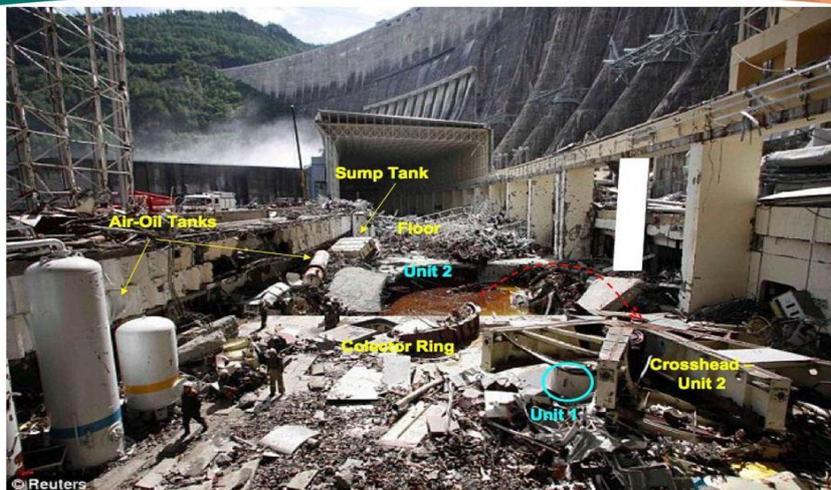


**Figura 05:** Vista de 10 Generadores, Grúa, tanques de aire y aceite. Fuente: Connecting Asset Management, SMRP Annual Conference, 2014

Interior de la central hidroeléctrica en la cual se aprecian los 10 generadores, una grúa pórtico, los tanques de aire y aceite para el sistema de lubricación.



# Mal día en el trabajo



**Figura 06:** Destrucción casi total de la Sala de Máquinas generadoras. Fuente: Connecting Asset Management, SMRP Annual Conference, 2014

Destrucción total de la Sala de Máquinas, no hay techo, no hay grúa, no hay ventanas, la parte superior del generador N.º 2 fuera de su posición a un costado.



# Central eléctrica de Sayano-Shushenskaya–Rusia 6.4GW

El 17 de agosto de 2009, una turbina en la central hidroeléctrica de la represa Sayano – Shushenskaya cerca en Rusia falló catastróficamente, inundó la sala de turbinas y mató a 75 personas. Una sección del techo de la sala de turbinas se derrumbó; todas menos una de las diez turbinas resultó dañada o destruidas. Toda la producción de la planta, por un total de 6.400 (MW). Según el diario Izvestia, el aumento de vibración de la turbina 2 se venía produciendo desde hacía unos 10 años y era bien conocido por el personal de la planta.



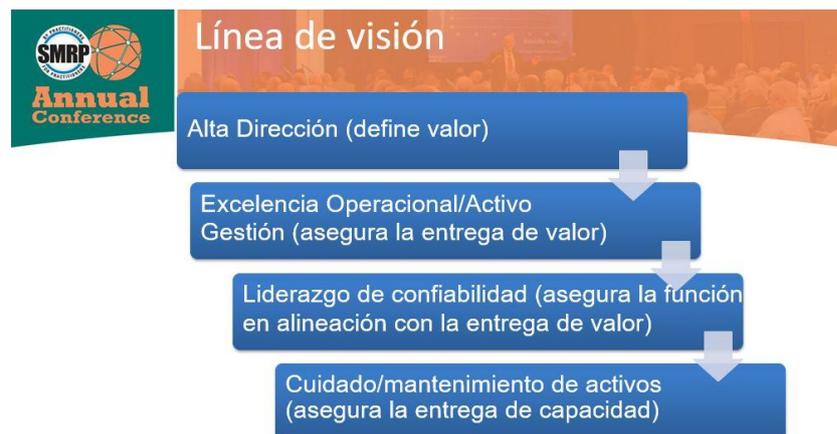
**Figura 07:** Consecuencias de no administrar correctamente un activo. Fuente: Connecting Asset Management, SMRP Annual Conference, 2014

Cuando no se administra correctamente un activo y no se minimiza el riesgo de operación, con toda una política y procedimientos establecidos como empresa, el resultado es este tipo de catástrofes es a nivel mundial.

### 2.2.2. ¿Por qué se debe utilizar un sistema de gestión de activos?

El sistema de gestión de activos es un grupo de teorías o partes que tiene una organización, los cuales están estrechamente unificados entre sí. Cabe resaltar que su función es la de organizar la política y los objetivos de la gestión de activos y los procesos para alcanzar las metas establecidas. Las partes de un sistema bien estructurado deben de utilizarse como un grupo de herramientas, incluyendo planes y políticas, sistemas de información y proceso de negocios que se constituyen para dar paso a la realización de las tareas en la gestión de activos.

Todo este proceso para elaborar la gestión de activos demanda una enorme cantidad de información y generalmente son requeridas nuevas herramientas y procesos para utilizar, analizar, gestionar y compilar datos sobre los activos. Por lo tanto, la utilización de estas herramientas ayuda al conocimiento y la toma de decisiones de la organización. (5)



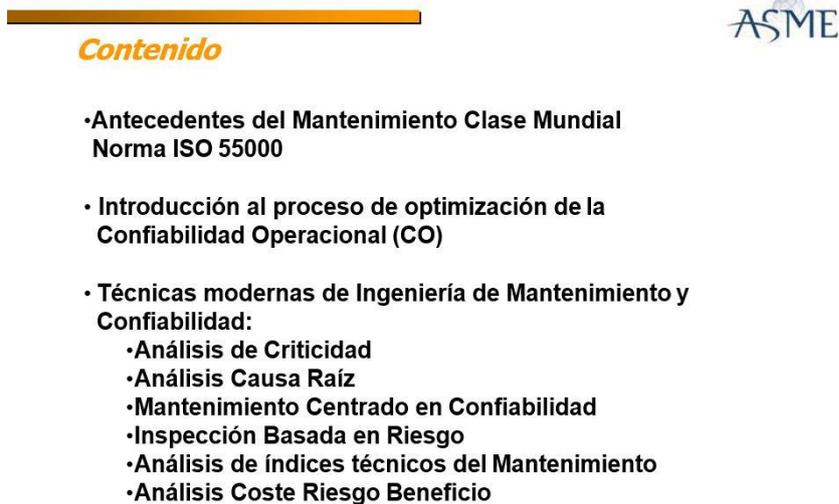
**Figura 08:** Línea de visión de la alta dirección. *Fuente: Connecting Asset Management, SMRP Annual Conference, 2014*

De esta manera, se debería gerenciar correctamente la conexión que debe de existir entre la alta dirección, gestión de operación, liderazgo de mantenibilidad, con la base de datos de los activos.



- Significa cosas diferentes para diferentes personas y organizaciones
  - Infraestructura (carreteras, puentes, ferrocarriles, etc.)
  - Propiedad (seguimiento, seguridad, preparación, responsabilidad)
  - Financiero (gestión de patrimonios)
  - Bienes Raíces (instalaciones y propiedad)
  - Tecnología de la información (hardware, software, renovación)
  - Intangible (marcas, propiedad intelectual, reputación corporativa)
  - Físico (diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento, eliminación)
- ISO 55000 intenta proporcionar un marco para un sistema de gestión aplicable a todos los tipos de activos

**Figura 09:** ¿Que es la Gestión de activos para ISO 55000? Fuente: Physical Asset Management, What Does ISO 55000, SMRP Annual Conference, 2014



**Figura 10:** Técnicas Modernas de Ing. de Mantenimiento y Confiabilidad. Fuente: Técnicas modernas en Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad, ASME Setting the standard, 2013.

- Mayor capacidad para cuantificar y gestionar el riesgo
- Mejora del rendimiento financiero
- Capacidad mejorada satisface expectativas de los clientes
- Mejora de capacidad para cumplir las obligaciones corporativas/sociales
- Capacidad para cumplir con los requisitos reglamentarios
- Mejora de la reputación en el mercado
- Mejora de la sostenibilidad organizacional
- Capacidad mejorada para desplegar capital donde proporcionaría el mayor valor comercial
- Gestión eficaz del activo a lo largo de todo su ciclo de vida

**Figura 11:** Beneficios Anticipados de la Gestión de activos. Fuente: Physical Asset Management, What Does ISO 55000, SMRP Annual Conference, 2014

### 2.3. Conceptos y Tipos de Grúas Puente

**Eficiencia.** Las grúas aéreas son más eficientes que el uso de un grupo de trabajadores o motores de remolque para levantar y mover material y pueden trabajar hasta 2-3 veces más rápido. Es necesario recordar en cómo una fábrica, instalación o almacén puede agilizar sus procesos y procedimientos mediante la introducción de una grúa aérea para automatizar la elevación, maniobra y descarga de materiales en sus instalaciones. (6)

**Seguridad.** La seguridad es otra ventaja de instalar una grúa aérea en una instalación de fabricación, ensamblaje o almacenamiento. Las grúas se pueden usar para levantar y mover materiales en entornos extremos y pueden manejar materiales corrosivos o peligrosos como metales calientes, productos químicos y cargas pesadas. Se puede colocar una estación de trabajo o una grúa de pluma para ayudar a los trabajadores a mover objetos pesados de manera controlada y ayudar a reducir las lesiones por movimientos repetitivos y las tensiones musculares. (6)

## **Puente grúa**

Una grúa puente es un tipo de grúa que incluye dos pistas aéreas integradas en la estructura de soporte del edificio. Existen dos configuraciones de viga simple o doble, llamada puente, esta mueve la grúa hacia arriba y hacia abajo de los rieles guía, el carro y el polipasto corren de lado a lado a lo largo del puente. El carro permite al operador colocar el polipasto y el gancho, antes de subir o bajar una carga suspendida.

Las grúas puente tienen diferentes configuraciones, incluidos los diseños de viga simple y doble viga, y el carro y el polipasto se pueden diseñar para que funcionen en la parte superior o debajo de la viga principal, dependiendo del diseño de la estructura del edificio y los requisitos necesarios para hacer los ascensos y descensos de cargas. (6)

**Doble viga.** Hay dos vigas que forman el puente y están sostenidas por un testero final a cada lado. El carro y el polipasto corren sobre un riel instalado por encima o por debajo de las vigas del puente. Las grúas de doble viga se recomiendan para aplicaciones de servicio más pesado donde la grúa tiene que manejar capacidades más pesadas y tramos más largos. (6)

### **2.4. Actualización de la Capacidad de su Grúa Aérea: lo que Necesita Saber**

Con el tiempo, esto puede conducir a un desgaste prematuro o incluso a la falla de los componentes de la grúa. Los costos relacionados con las llamadas de servicio para reparar o reemplazar componentes individuales pueden acumularse y eventualmente exceder el costo de una actualización.

Muchas veces, el cliente es consciente de que está excediendo las capacidades de su grúa y se comunicará con su proveedor de servicios de grúa para ver qué se puede hacer para ayudar a extender la vida útil de la grúa. Otras veces, el proveedor de servicios puede hacer la recomendación de considerar una actualización o modernización del sistema de grúa aérea para

ayudar a proteger contra reparaciones o paradas frecuentes. (7)

## **2.5. Seis Señales de que es Hora de Actualizar y Modernizar su Grúa Aérea**

### **2.5.1. ¿Por qué actualizar o modernizar una grúa aérea?**

El principal beneficio de instalar un sistema de grúa aérea es la vida útil que puede obtener una vez que haya invertido en el equipo. Si bien los componentes de la grúa pueden desgastarse con el tiempo y pueden necesitar ser reparados o reemplazados, la estructura de la grúa en sí suele tener una vida útil más larga que los otros componentes. Esto le permite actualizar o modernizar los componentes individuales de la grúa a medida que las tecnologías más nuevas y eficientes estén disponibles, todo mientras continúa utilizando las estructuras principales de la pista y la viga en su lugar. (4)

#### **Señal N.º 1. Los requerimientos de producción o elevación han cambiado**

Si se necesita velocidades más rápidas para realizar los levantamientos, controles más precisos, se está haciendo más movimientos por turno o usando la grúa con más frecuencia. Cuando se diseñó originalmente el sistema de grúa aérea, cada componente individual, incluidos los controles, el polipasto, los carros finales, los sistemas de accionamiento, se seleccionaron en una clasificación específica de ciclo de trabajo o servicio de grúa. Si ahora necesita que la grúa realice levantamientos más frecuentes o pesados, esto puede ejercer presión sobre el equipo de grúa si las nuevas demandas de producción exceden el ciclo de trabajo o la clasificación de servicio de los componentes de la grúa existentes. Con el tiempo, esto conducirá a un desgaste prematuro o incluso a la falla de los componentes de su grúa si no se inspeccionan, reparan y mantienen adecuadamente. (4)

## **Señal N.º 2. Está experimentando un desgaste excesivo o una reparación frecuente de los componentes de la grúa**

Los componentes de la grúa aérea que reciben mucho uso pueden mostrar signos de desgaste excesivo o puede estar experimentando paradas más frecuentes para el servicio o las reparaciones. El costo de las reparaciones frecuentes puede acumularse con el tiempo en comparación con el costo del nuevo componente de reemplazo (sistemas de frenos, por ejemplo). No solo debe considerar el costo de la llamada de servicio y las piezas de repuesto, sino también el verdadero costo relacionado con el cierre de su producción cuando su equipo de grúa se cae. Debe tener en cuenta el costo del tiempo de inactividad del equipo, los costos de producción perdidos y el tiempo de producción perdido para sus trabajadores. Las grúas más antiguas pueden requerir más mantenimiento y reparaciones. Si bien es posible que su sistema de grúa siga siendo estructuralmente sólido, es posible que desee considerar modernizar o actualizar cualquier componente específico que deba ser reparado o reemplazado con frecuencia. (4)

## **Señal N.º 3. Una inspección descubrió problemas con el equipo de la grúa**

ASME y CMAA tienen pautas específicas para la frecuencia de las inspecciones de grúas aéreas. Establecer un programa de inspección regular puede ayudar a mantener su grúa y equipo de elevación operando con la máxima eficiencia, ayudar a mantener seguro al operador y a otro personal y ayudar a reducir el costoso tiempo de inactividad y extender la vida útil del equipo. La inspección regular también ayuda a identificar signos de desgaste e irregularidades con todo el sistema de la grúa, así como con los componentes individuales. Si durante el curso de una inspección, encuentra que los componentes individuales se desgastan más rápido de lo normal, es posible que pueda reemplazarlos con componentes que sean más fuertes, tengan un mayor rendimiento y requieran menos mantenimiento. Ese es el beneficio de reemplazar una pieza de 15-20 años de antigüedad con un diseño nuevo y moderno. (4)

#### **Señal N.º 4. Las piezas de repuesto son cada vez más difíciles de encontrar**

A medida que las grúas envejecen, puede ser cada vez más difícil encontrar piezas de repuesto para sus componentes individuales. Es posible que el fabricante de equipos originales ya no esté en el negocio, que ya no tenga una red de distribución o que las piezas en sí mismas estén obsoletas. Puede ser difícil obtener piezas de repuesto directas para grúas más antiguas, y si incluso puede encontrar las piezas, pueden tener plazos de entrega extremadamente largos y tener un precio elevado. Algunas empresas de servicios de grúas pueden realizar ingeniería inversa o reconstruir piezas para sistemas de grúas más antiguos, pero esto también puede generar altos costos y largos plazos de entrega, ya que la mayoría de las veces son construcciones únicas y diseñadas a medida. (4)

#### **Señal N.º 5. Desea mejorar la seguridad y la eficiencia de sus elevadores aéreos**

Hoy en día, la mayoría de las empresas con una grúa más antigua están reemplazando y modernizando los sistemas de control de su grúa y reemplazando la cabina del operador con un colgante de botón o controles de radio remotos. Si bien no son tan populares hoy en día, las cabinas de operador abiertas o cerradas eran estándar en la mayoría de los sistemas de grúas. El operador se sentó en una cabina que estaba unida al puente de la grúa y confió en otro personal en el piso para proporcionar señales y dirección para ayudarlos a levantar, bajar y maniobrar el gancho de la grúa para mover una carga de manera segura a través de una instalación. Al mover al operador al suelo, puede reducir la cantidad de personal necesario para mover y operar la grúa y, en la mayoría de los casos, el operador puede cargar, mover y descargar la grúa él mismo. (4)

#### **Señal N.º 6. Se está considerando comprar un sistema de grúa aérea de reemplazo**

Si el sistema de grúa aérea se ha convertido en un problema de mantenimiento o ya no es un equipo confiable, puede ser fácil ceder a la idea de comprar un sistema de grúa completamente

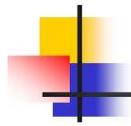
nuevo. Si bien la idea de un nuevo sistema puede ser atractiva, puede no ser una solución rentable. Aún puede modernizar uno o varios sistemas de componentes en una grúa aérea a la fracción del costo de una grúa aérea completamente nueva. Si su equipo de grúa es más antiguo, debe considerar el retorno de su inversión original. Lo más probable es que ya este obsoleta o haya concluido su “ciclo de vida” cubriendo, el costo de la inversión inicial. Como se menciona anteriormente, muy rara vez se encuentra que los componentes estructurales reales de la grúa necesiten ser reemplazados. Además, se puede programar una actualización o modernización de la grúa aérea en fases para distribuir el costo de las actualizaciones, así como causar menos interrupciones y tiempo de inactividad que pueden afectar la producción y la producción de fabricación de su negocio. Por lo que es necesario considerar cuánto tiempo podría estar inactivo su sistema de grúa si tuviera que reemplazar todas las piezas estructurales, mecánicas y eléctricas de su sistema de grúa. (4)

## **2.6. ¿Qué partes de un sistema eléctrico de grúa se pueden actualizar?**

La actualización a un sistema eléctrico más nuevo viene con características de seguridad inherentes. Todo el cableado nuevo está aislado o blindado y debe enrutarse limpiamente con marcas o indicadores claros durante el proceso de instalación. Con la adición de un sistema eléctrico modernizado, también prolonga la vida útil y aumenta la eficiencia y confiabilidad de sus otros componentes eléctricos, incluidos los sistemas de control, accionamientos y otros dispositivos estructurales y mecánicos de su grúa aérea. También, debe tener en cuenta que, si actualmente está funcionando con tres conductores de barras para alimentar su sistema de grúa, no cumple con los estándares de la industria.

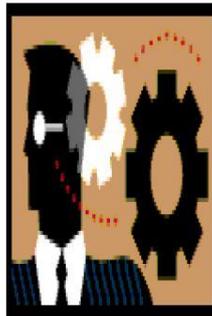
Los estándares de diseño actuales para grúas aéreas requieren el uso de tres conductores de barras y una barra con una toma de tierra; no hay excepciones ni cláusulas de antaño validas. Si todavía está ejecutando conductores de tres barras, debe actualizar su sistema de electrificación

de inmediato. (4)



## ¿ CUÁL ES EL ACTIVO ÓPTIMO A SELECCIONAR ?

- **Gastar menos** (baja inversión inicial)
- Disminuir los costes de operación y mantenimiento
- Incrementar la vida útil



- **Producir más**
- Mayor Confiabilidad y Disponibilidad
- Mejorar la eficiencia de los activos
- Mejorar la calidad de los productos
- Incrementar la seguridad
- Cumplir regulaciones ambientales

### CONFLICTO ACTUAL EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DE UN ACTIVO



**Figura 12:** Activo óptimo a seleccionar. Fuente: Consideraciones sobre el impacto económico de la “Confiabilidad”, 2007

## 2.7. Norma CMAA 70-2009 USA

### 2.7.1. Aislamientos de motor

A menos que el fabricante de la grúa especifique lo contrario, la clasificación de aislamiento debe ser de acuerdo con la tabla 1

**Tabla 02:** *Aumento de la temperatura de bobinado del motor permisible.*

**A.C. MOTORS**

Clase de aislamiento	Abierto a prueba de goteo & TEFC	TENV
<b>B</b>	80° C	85° C
<b>F</b>	105° C	110° C
<b>H</b>	125° C	135° C

**D.C. MOTORS**

Clase de aislamiento	Abierto a prueba de goteo	TEFC & TENV
<b>B</b>	100° C	110° C
<b>F</b>	130° C	140° C
<b>H</b>	155° C	165° C

Fuente: Norma CMAA-70 CUADRO 5.2.2-1

El aumento de la temperatura de bobinado del motor permisible de norma NEMA, por encima de 40 grados ambiente es medido por resistencia

**2.7.2. Voltaje**

La tensión nominal del motor y la tensión nominal del sistema correspondiente se ajustarán a lo dispuesto en la tabla 02.

**Tabla 03:** *Tensión nominal del sistema y del motor*

Fuente	Descripción	Voltaje nominal del sistema		Voltaje nominal del motor	
		AC	DC	Tres Fases	Monofásico
AC	60 Hz (1) (2)	120		-	115
		208		200	-
		240		230	230
		480		460	-
		600		575	-
	50 Hz	400		380	-

Fuente: Norma CMAA-70 CUADRO 5.2.4-1

(1) Aplicable a todas las tensiones nominales del sistema que contengan esta tensión.

(2) Para las tensiones nominales del sistema distintas de las indicadas anteriormente, la tensión nominal del motor debe ser la misma que la tensión nominal del sistema o estar relacionada con la tensión nominal del sistema por la relación aproximada de 115 a 120.

(3) NEMA MG 1-10. 62. 2 y tabla 10-9 (motores industriales).

(4) NEMA MG 1- 10.62. 2 y tabla 10-10 (motores industriales).

(5) El voltaje del rango del motor puede ser de 250 voltios para motores de chasis grande de 300 hp y mayor.

(6) Tensión máxima de entrada del motor. (8)

### 2.7.3. Variaciones-AC

Todos los motores de inducción de CA con frecuencia nominal y tensión equilibrada aplicada deberán ser capaces de acelerar y funcionar con carga de gancho nominal a más o menos

10 % o tensión de motor rotada, pero no necesariamente a valores de rendimiento de voltaje nominal.

**Tabla 04:** Clasificaciones mínimas del tiempo del motor en minutos.

Clase de servicio CMAA	Tipo de control eléctrico					
	Elevación / descenso (izajes)				Puentes y carros	
	AC o DC magnético con mecánica	Potencial constante magnético de CC con control	AC Magnético, adj. voltaje con control de frenado	AC Estático con resistencia secundaria fija	Magnético AC o DC Potencial Constante	AC estático con resistencia secundaria fija adj. voltaje o inversor
<b>A</b>	15	15	30	60	15	30
<b>B</b>	15	15	30	60	15	30
<b>C</b>	30	30	30	60	30	60
<b>D</b>	30(1)	30(1)	60(1)	60(1)	30(1)	60(1)
<b>E</b>	No recomendado	60(5)	60(2)	60(2)	60(2)	60(2)
<b>F</b>	No recomendado	60(5)	60(2)	60(2)	60(2)	60(2)

Fuente: Norma CMAA-70, Cuadro 5.2.7-1

Nota: La clasificación del motor de cualquier accionamiento, polipasto o recorrido horizontal, utilizando potencia de CA o CC, es básicamente la potencia mecánica con consideraciones para el efecto del control, la temperatura ambiente y la clase de servicio. (8)

#### 2.7.4. Accionamientos de elevación

Caballos de fuerza mecánicos:

$$\text{HP mecánico} = \frac{WXV}{3300xE}$$

Donde:

H = Peso total en libras a ser levantado por el sistema de cuerda de accionamiento del polipasto. Esto incluye todos los artículos aplicables al polipasto, como la carga levantada del comprador, que incluye los accesorios amueblados por el comprador y los artículos amueblados por los fabricantes de grúas, incluidos el bloque de gancho y los accesorios.

V = Especificado en velocidad en pies por minuto cuando *lifting* peso W.

E = Eficiencia mecánica entre la carga y el motor, expresada en forma decimal, donde:

$$E = (E_g)^n \times (E_S)^m$$

$E_g$  = Eficiencia por reducción de marchas.

n = Número de reducciones de marchas

$E_S$  = Eficiencia de sistema de cuerda por gavilla giratoria

m = El número de poleas giratorias entre el tambor y el nivelador pasadas por cada parte del cable de izar unida al tambor

**Tabla 05:** Valores de eficiencia típicos rodamientos

Rodamientos	$E_g$ *	$E_S$
Antifricción	0.97	0.99
Manguito	0.93	0.98

Fuente: Norma CMAA-70, CUADRO 5.2.9.1.1.1-1

Nota: Los valores de la eficiencia de los engranajes que se muestran se aplican principalmente a engranajes rectos, de espiga y helicoidales y no están destinados a casos especiales como engranajes helicoidales, transmisiones por fricción, transmisiones por cadena, etc.

Reducción de  $E_g$  en 0.02 se recomienda para engranajes lubricados con grasa. (8)

### 2.7.5. Eficiencia mecánica del polipasto

Los valores tabulados de la eficiencia mecánica general del polipasto, E, como se define para los cojinetes de polea antifricción, se muestran a continuación.

**Tabla 06:** Eficiencia mecánica general del polipasto

Número total de cables que soportan un gancho		Número total de poleas giratorias para cada tambor sin cable, m	Eficiencia de los cables solamente (Es)m	Eficiencia combinada general, E	
doble lazo	simple lazo		0,99 m	2 engranajes de reducción n=2 (Eg)n=0.9409	3 engranajes de reducción n=3 (Eg)n=0.9127
4	2	1	0.990	0.931	0.903
6	3	2	0.980	0.922	0.894
8	4	3	0.970	0.913	0.885
10	5	4	0.960	0.904	0.877
12	6	5	0.951	0.895	0.868
14	7	6	0.941	0.886	0.859
16	8	7	0.932	0.877	0.85
18	9	8	0.922	0.868	0.842
20	10	9	0.913	0.859	0.834
22	11	10	0.904	0.851	0.825
24	12	11	0.895	0.842	0.817
26	13	12	0.886	0.834	0.809
28	14	13	0.877	0.826	0.801
30	15	14	0.869	0.817	0.793
32	16	15	0.860	0.809	0.785
34	17	16	0.851	0.801	0.777
36	18	17	0.843	0.793	0.769
38	19	18	0.834	0.785	0.761
40	20	19	0.826	0.777	0.754
42	21	20	0.818	0.769	0.746

Fuente: Norma CMAA-70, CUADRO 5.2.9.1.1.1-2

Se puede apreciar la eficiencia general del polipasto teniendo en cuenta el número total de cables que soportan el gancho, número de poleas y la eficiencia de los cables.

Caballos de fuerza del motor requeridos:

El motor del polipasto se seleccionará de manera que su potencia nominal no sea inferior a la indicada por la fórmula siguiente:

$$CABALLOS DE FUERZA NOMINAL REQUERIDOS = CABALLOS DE FUERZA MECÁNICOS \times K_c$$

donde:

$K_c$  = Factor de control, que es un valor de corrección que tiene en cuenta los efectos que el control tiene sobre el par motor y la velocidad.

$K_c = 1$  para la mayoría de los controles tales como AC rotor bobinado, inversor, o sistemas estáticos donde no hay resistencias de deslizamiento permanentes secundarias, sistemas para motores de jaula de ardilla, y sistemas magnéticos de potencial constante con fuentes de alimentación de CC.

Para sistemas de rotores secundarios, control magnético o estático, con resistencias de deslizamiento permanentes secundarias:

$$K_c = \frac{CARGA COMPLETA NOMINAL DEL MOTOR}{RPM DEL MOTOR DE ELEVACIÓN}$$

\*A par nominal con resistencias de deslizamiento permanentes

Los valores de  $K_c$  para las fuentes de alimentación rectificadas en la grúa, para su uso con motores de CC, sistemas de control magnéticos o estáticos, se determinarán mediante consulta con el fabricante del motor y el control. Se considera la altitud en la selección de la potencia nominal del motor más cercana, por encima o por debajo de la potencia requerida, para utilizar motores disponibles comercialmente. En cualquier caso, se debe prestar la debida consideración al correcto rendimiento de la unidad.

### 2.7.6. Accionamientos de puentes y transversal

Grúas interiores, puente y carro caballos de fuerza del motor requerido. El motor de desplazamiento longitudinal se seleccionará de manera que la potencia nominal no sea inferior a la indicada por la fórmula siguiente:

$$HP = K_a \times W \times V \times K_s$$

Donde:

$K_a$  = Factor de aceleración para el tipo de motor utilizado

$K_s$  = Factor de servicio que explica el tipo de conducción y el ciclo de trabajo para referencia véase el cuadro.

$W$  = Peso total a mover, incluidas todas las cargas muertas y vivas (toneladas)

$V$  = Velocidad de acondicionamiento nominal en (fpm)

Para el caso general de los accionamientos de puentes y carros:

$$K_a = \frac{f + \frac{2000 \times C_r}{g \times E}}{33,000 \times K_t} \times \frac{N_r}{N_F}$$

Donde:

$f$  = Fricción de rodadura de la unidad (incluidas las pérdidas de transmisión) en libras por toneladas.

$a$  = Velocidad de aceleración uniforme promedio o equivalente en pies por segundo hasta los rpm nominales del motor. Para obtener orientación.

$C_r$  = Factor de inercia rotacional

$$C_r = \frac{WK^2 \text{ de grua \& carga} + WK^2 \text{ de masa rotativa}}{WK^2 \text{ de grua \& carga}}$$

$0.105 + (a/7.5)$  si  $WK^2$  es desconocido

$g = 32.2$  pies por segundo.

$E$  = eficiencia mecánica de la maquinaria de accionamiento expresada como unidad decimal. (sugiera el uso de 0.9 si se desconoce la eficiencia).

$N_r$  = Velocidad nominal del motor en rpm a plena carga.

$N_t$  = rpm de funcionamiento libre del motor cuando se conduce a la velocidad  $V$ .

$K_t$  = Par equivalente en estado estable en relación con el par nominal del motor que da como resultado la aceleración de los rpm nominales del motor ( $N_r$ ) al mismo tiempo que la característica de velocidad de par variable real del motor y la característica de control utilizada.

**Tabla 07:** Guía para el movimiento de viaje rango típico de tasas de aceleración

---

Libre desplazamiento velocidad a plena carga		$a$ = Tasa de aceleración en Pies por seg. Para motores AC o DC2
Pies por min.	Pies por seg.	
60	1.0	0.25 Min.
120	2.0	0.25- 0.80
180	3.0	0.30-1.0
240	4.0	0.40-1.0
300	5.0	0.50- 1.1
360	6.0	0.60-1.1
420	7.0	0.70-1.2
480	8.0	0.80-1.3
540	9.0	0.90-1.4
600	10.0	1.0-1.6

---

Fuente: Norma CMAA-70 5.2.9.1.2.1<sup>a</sup>

**Tabla 08:** Valores recomendados de K1 (factor de par de aceleración)

Tipo de motor	Tipo de control	3K1
Rotor bobinado CA	Contactador-Resistencia	1.3- 1.5(4)
Rotor bobinado CA	Estática en pasos	1.3- 1.5(4)
Rotor bobinado CA, Planta	Contactador-Resistencia	1.5- 1.7(4)
Jaula de Ardilla CA	Bobina Resistencia	1.3
Inducción CA	Inversor	1.5
Tipo Shunt DC	Voltaje Ajustable	1.5
Tipo Serie DC	Contactador-Resistencia	2.0

Fuente: Norma CMAA-70 CUADRO 5.2.9.1.2.1-C

**Tabla 09:** Valores sugeridos para f (factor de fricción)

Rueda él. Inche s	36	30	27	24	21	18	15	12	10	8	6
Fricción Lb / Ton(f)	10	10	12	12	12	15	15	15	15	16	16

Fuente: Norma CMAA-70 CUADRO 5.2.9.1.2. D

**Tabla 10:** Valores recomendados del accionamiento transversal clase de factor

CMAA clase de servicio	Potencial constante de CC con molino de la serie AISE Mtrs4		Inversor AC DC magnético	AC Estático con resistencia secundaria fija (deslizamiento permanente)
	60 minutos	30 minutos	Voltaje ajustable con motores de derivación de CC	
Un	0.75	1.0	1	1.2
B	0.75	1	1.0	1.2
C	0,75	1	1	1.2
D	0.85	1.15	1.1	1.3
E1	1	N/A	1	1.4
F2	1.4	N/A	1.4	1.6

Fuente: Norma CMAA-70 CUADRO 5.2.9.1.2.1-E

Cálculo de la potencia del motor del puente de funcionamiento libre (HPF) a la carga y la velocidad nominales:

Despreciando cualquier carga de viento, utilizando la siguiente fórmula:

$$HP_{FR} = \frac{W \times R \times f}{33000}$$

Donde:

W = Peso a plena carga al acelerar

V = Velocidad a carga completa (fpm)

f = Factor de fricción (libras por toneladas) según la tabla 5.2.9.1.2.1-D

Cálculo de los caballos de fuerza del motor del puente de funcionamiento libre debido a la fuerza del viento solamente (HP w) usando la siguiente fórmula:

$$HP_w = \frac{P \times \text{wind area} \times V}{33000 \times E}$$

Donde:

P = Presión del viento (libras por pie cuadrado) calculado de la fórmula

$$P = 0.00256(V_w)^2$$

$V_w$  = Velocidad ganada (mph)

Donde:

$V_w$  = Sin especificación, P = 5 libras por pie cuadrado deben ser usado.

Área de viento = área de superficie efectiva de la grúa expuesta a pies cuadrados por viento según lo calculado en Sección 3.3. 2.2. 1.

V = velocidad de carga completa (fpm).

E = eficiencia mecánica del accionamiento del puente.

Motor de accionamiento del puente se seleccionará de manera que su potencia nominal no sea inferior a la clasificación de la grúa interior requerida:

$$0.75(HP_f + HP_w)K_s$$

Usando  $HP_f$  and  $HP_w$  cómo está calculado abajo

Donde:

0.75 = factor para tener en cuenta los requisitos de potencia variables, es decir, las aplicaciones de grúas al aire libre generalmente encuentran cargas de viento basadas en 1/2 del ciclo que es viento en contra y 1/2 del ciclo siendo viento de cola.

$K_s$  = factor de clase de servicio.

En las aplicaciones en las que los vientos en contra sean de duración prolongada o en términos de requisitos térmicos del motor, el fabricante tendrá debidamente en cuenta el tamaño del motor y del accionamiento. (8)

### **2.7.7. Relación de engranajes de accionamiento del polipasto**

$$\text{Relación de engranajes de accionamiento del polipasto} = \frac{N_f \times D \times \pi}{R \times V \times 12}$$

Donde:

$N_f$  = rpm del motor de funcionamiento libre al elevar la carga nominal W (lbs.) a la velocidad V (fpm).

$N_f$  = se establece a partir de las curvas de velocidad-par de control del motor a caballos de fuerza a plena carga (HPF, L)

$$HP_{fl} = \frac{W \times V}{33000 \times E}$$

E= eficiencia mecánica.

D= diámetro de paso del tambor de izaje (pulgadas)

V = velocidad de elevación a plena carga especificada (fpm)

*R = relación de reducción de la cuerda*

$$= \frac{\text{numero total de cuerdas que soportan}}{\text{numero de cuerdas del tambor o tambores}}$$

Relaciones de engranajes de transmisión de desplazamiento longitudinal, transversal y carro.

$$\text{Relación de accionamiento de engranaje de puente o carro} = \frac{N_f \times D_w \times \pi}{V \times 12}$$

Donde:

$N_f$  = rpm de funcionamiento libre del motor, después de que la unidad se haya acelerado, con carga nominal a la velocidad de estado estacionario V. El valor de  $N_t$  se establece a partir de las curvas de velocidad-par de control motor a caballos de fuerza de funcionamiento libre ( $HP_{fr}$ ).

$$HP_{fr} = \frac{W \times V \times f}{33000}$$

W = carga total (toneladas)

F = fricción de rodadura (libras por tonelada).

V = velocidad de accionamiento recorrido de carga completa especificada (fpm)

$D_w$  = diámetro de la polea de rodadura de la rueda (pulgadas). (8)

### **2.7.8. Controladores de corriente alterna**

*Alcance.* Esta sección cubre los requisitos para seleccionar y controlar la dirección, la velocidad, la aceleración y el frenado eléctrico del polipasto de la grúa y los motores de desplazamiento. Otros requisitos de control, como la protección y los interruptores maestros, se tratan en otras secciones. En grúas con una combinación de cabina con interruptores principal y control de piso colgante, se aplicarán las especificaciones correspondientes para grúas controladas por cabina. En las grúas operadas desde el piso donde el control colgante también se usa en una cabina “modular aérea”, se aplicarán las especificaciones correspondientes para las grúas controladas desde el piso.

Asimismo, en las grúas controladas a distancia, como por radio o señal portadora, se aplicarán las especificaciones de control de piso correspondientes, a menos que se especifique lo contrario. Además, los polipastos deben estar equipados con un medio de frenado de control, ya sea mecánico o eléctrico. Los medios mecánicos típicos incluyen frenos de carga mecánicos o transmisiones de tornillo sinfín autoblocantes. Los medios de potencia típicos incluyen descenso dinámico, frenado por corrientes de Foucault, contra torque y frenado regenerativo. (8)

### **2.7.9. Control magnético**

Cada control magnético deberá tener contactores de un tamaño y cantidad para arrancar, acelerar, invertir y parar y para la clase de servicio de grúa CMAA especificada. Todos los contactores inversores deben estar enclavados mecánica y eléctricamente.

Además, el tamaño mínimo NEMA de los contactores magnéticos debe estar de acuerdo con motor rotor bobinado, jaula de ardilla. Los contactores de propósito definido clasificados específicamente para servicio de grúa y montacargas se pueden usar para las clases de servicio de grúa A, B y C de CMAA, siempre que la aplicación no exceda las clasificaciones publicadas

por el fabricante del contactor. Los contactores IEC se pueden usar para el servicio de grúas y montacargas siempre que la aplicación no exceda el AC3 publicado por el fabricante del contactor. Calificaciones como mínimo. (8)

**Tabla 11:** *Clasificaciones de contactores de CA motores de jaula de ardilla.*

<b>Tamaño del contactor</b>	<b>230 voltios</b>	<b>460 &amp; 575 Voltios</b>
0	3	5
1	7.5	10
2	15	25*
3	30*	50*

Fuente: Norma CMAA-70, CUADRO 5.4.5.2-2

### **2.7.10. Control estático**

Los componentes de potencia estática, como rectificadores, reactores, resistencias, etc., según se requiera, se dimensionarán teniendo en cuenta las capacidades nominales del motor, los requisitos del variador, la clase de servicio, el ciclo de trabajo y la aplicación en el control.

Los sistemas de transmisión de desplazamiento pueden ser de velocidad y/o torsión regulada, según se especifique. Si se selecciona un sistema de velocidad regulada, el método de desaceleración a una velocidad más baja puede ser por fricción de accionamiento o inversión de par de accionamiento, según se especifique. Se supone que los accionamientos del polipasto están inherentemente regulados por velocidad y se debe prestar la debida consideración al rango de velocidad disponible, el grado de regulación de velocidad y la rotación de carga opcional.

Asimismo, la inversión primaria de los variadores de frecuencia para motores de CA se debe lograr con contactores magnéticos o componentes estáticos, según se especifique. Cuando se utilizan componentes estáticos, se debe proporcionar un contactor de línea para el variador.

Además, deben incluirse disposiciones de limitación de corriente y par para no exceder las limitaciones de diseño del motor y teniendo en cuenta la aceleración deseada.

También, deben incluirse disposiciones de bloqueo del torque de control para los accionamientos de desplazamientos de puentes o transversales. (8)

#### **2.7.11. Tableros de control**

##### **Descripciones del tipo de gabinete para ubicaciones no peligrosas**

**Tabla 12:** *Descripciones del tipo de gabinete según NEMA*

Tipo		NEMA	UL	CSA
Interior	Tipo 1	Los recintos están destinados principalmente para uso en interiores para proporcionar un grado de protección contra el contacto con el equipo cerrado o lugares donde no existen condiciones de servicio inusuales.	Uso en interiores principalmente para proporcionar protección contra contacto con el equipo cerrado y contra una cantidad limitada de suciedad que cae.	Cerramiento de uso general. Protege contra contacto accidental con piezas activas.
Interior	Tipo 12	Los cierres están destinados para uso en interiores principalmente para proporcionar un grado de protección contra el polvo, la caída de suciedad y el goteo de líquidos no corrosivos.	Uso en interiores para proporcionar un grado de protección contra el polvo, la suciedad, los vuelos de fibra, el goteo de agua y la condensación externa de líquidos no corrosivos.	Uso en interiores; proporciona un grado de protección contra el polvo circulante, pelusa, fibras y voladores; goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos; no provisto de golpes.
Interior	Tipo 13	Los cierres con contratuercas están destinados a interiores se utiliza principalmente para proporcionar un grado de protección contra el polvo, la caída de suciedad y el goteo de líquidos no corrosivos.	Uso en interiores para proporcionar un grado de protección contra el polvo, la suciedad, los vuelos de fibra, el goteo de agua y la condensación externa de líquidos no corrosivos.	Uso en interiores; proporciona un grado de protección contra el polvo circulante, pelusa, fibras y voladores; goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos; no provisto de golpes.
Interior	Tipo 13	Los cierres están destinados para uso en interiores principalmente para proporcionar un grado de protección contra el polvo, la pulverización de agua, aceite y refrigerante no corrosivo.	Uso en interiores para proporcionar un grado de protección contra pelusas, filtraciones de polvo, condensación externa y pulverización de agua, aceite y líquidos no corrosivos.	Uso en interiores o exteriores; proporciona un grado de protección contra la lluvia, la nieve y el polvo arrastrado por el viento; no dañado por la formación externa de hielo en el recinto.
Exterior	Tipo 3R	Paneles están diseñados para uso en exteriores principalmente para proporcionar un grado de protección contra la lluvia y la aguanieve; sin daños por la formación de hielo en el recinto.	Uso al aire libre para proporcionar un grado de protección contra la lluvia que cae; no dañado por la formación de hielo en el recinto.	Uso en interiores o exteriores; proporciona un grado de protección contra la lluvia y la nieve; no dañado por la formación externa de hielo en el recinto.

Exterior	Tipo 3RX	Los cierres están diseñados para uso en exteriores principalmente para proporcionar un grado de protección contra la corrosión, la lluvia que cae y la aguanieve; sin daños por la formación de hielo en el recinto.	No se define específicamente.	No se define específicamente.
Exterior	Tipo 4	Los cierres están destinados principalmente para uso en interiores o exteriores para proporcionar un grado de protección contra el polvo y la lluvia arrastrados por el viento, salpicaduras de agua y agua dirigida por mangueras; sin daños por la formación de hielo en el recinto.	Uso en interiores o exteriores para proporcionar un grado de protección contra la lluvia que cae, salpicaduras de agua y agua dirigida por manguera; sin daños por la formación de hielo en el recinto.	Uso en interiores o exteriores; proporciona un grado de protección contra la lluvia, la nieve, el polvo arrastrado por el viento, las salpicaduras y el agua dirigida por la manguera; no dañado por la formación externa de hielo en el recinto.
Exterior	Tipo 4X	Los paneles están destinados principalmente para uso en interiores o exteriores para proporcionar un grado de protección contra la corrosión, el polvo y la lluvia arrastrados por el viento, las salpicaduras de agua y el agua dirigida por mangueras; sin daños por la formación de hielo en el recinto.	Uso en interiores o exteriores para proporcionar un grado de protección contra la lluvia que cae, salpicaduras de agua y agua dirigida por manguera; sin daños por la formación de hielo en el recinto; resiste la corrosión.	Uso en interiores o exteriores; proporciona un grado de protección contra la lluvia, la nieve, el polvo arrastrado por el viento, las salpicaduras y el agua dirigida por manguera; sin daños por la formación externa de hielo en el recinto; resiste la corrosión.
Exterior	Tipo 6	Los cierres están diseñados para su uso en interiores o exteriores donde se encuentra inmersión ocasional; profundidad limitada; sin daños por la formación de hielo en el recinto.	Uso en interiores o exteriores para proporcionar un grado de protección en la entrada de agua durante la inmersión temporal a una profundidad limitada; no dañado por la formación externa de hielo en el recinto.	Uso en interiores o exteriores; proporciona un grado de protección contra la entrada de agua durante la inmersión temporal a una profundidad limitada. No dañado por la formación externa de hielo en el recinto; resiste la corrosión.

Fuente: Norma Nema

Algunos gabinetes pueden tener múltiples clasificaciones. Por ejemplo:

4, 12: uso en exteriores; capaz de ser utilizado en interiores con modificaciones

4X, 3RX: uso en exteriores; capaz de ser utilizado en interiores con modificaciones

4, 9: se puede usar en ubicaciones peligrosas y no peligrosas. (9)

**Tabla 13:** Comparación clasificación de tipo de gabinete.

Proporciona un grado de protección contra las siguientes condiciones ambientales	1 <sup>a</sup>	4	4X	6	12	12X	13
Contacto incidental con el equipo del gabinete	.	.	.	.	.	.	.
Caída de suciedad	.	.	.	.	.	.	.
Líquidos que caen y salpicaduras ligeras	.	.	.	.	.	.	.
Polvo, pelusa, fibras y partículas	.	.	.	.	.	.	.
Chorro y salpicaduras de agua	.	.	.	.	.	.	.
Filtración de aceite y refrigerante	.	.	.	.	.	.	.
Pulverización y salpicaduras de aceite o refrigerante	.	.	.	.	.	.	.
Agentes corrosivos	.	.	.	.	.	.	.
Inmersión temporal ocasional	.	.	.	.	.	.	.

Fuente: Norma Nema

Descripciones del tipo de gabinete para ubicaciones no peligrosas. En este caso se eligió la Especificación NEMA 4X, por ser la que cumple los requerimientos actuales. (9)

### 2.7.12. Características de protección y seguridad

Un medio de desconexión de la grúa ya sea un disyuntor con clasificación de corriente o un interruptor de motor, bloqueable en la posición abierta, protegerán los cables de los conductores de contacto de la barra u otra fuente de alimentación.

El medio de desconexión dispondrá de un medio de apertura situado en el que la estación del operador pueda acceder fácilmente a la estación del operador, o de un contactor de línea principal conectado después del desvío, podrá ser suministrado y será operable desde la estación del operador.

Los dispositivos de protección contra fallas en el circuito de alimentación se obtuvieron de acuerdo con la clasificación de interrupción NEC Secciones 110-9. El usuario indicará la corriente de caída disponible, o los fabricantes de grúas indicarán en la especificación la calificación de interrupción que se está suministrando. (8)

**Tabla 14:** Clasificaciones de contactores de CA para entrada de línea principal

Contactor Tamaño NEMA	8 horas de clasificación abierta Amperes	Amperios máximos de clasificación de servicio intermitente	Potencia total máxima del motor		Potencia máxima para cualquier movimiento	
			230V	460 & 575V	230V	460 & 575V
0	20	20	6	6	3	5
1	30	30	10	20	7.5	10
2	50	67	30	60	20	40
3	100	133	63	125	40	80
4	150	200	110	225	63	125
5	300	400	225	450	150	300
6	600	800	450	900	300	600
7	900	1200	675	1350	450	900
8	1350	1800	900	1800	600	1200

Fuente: Norma CMAA-70 CUADRO 5.6.6.1

La protección contra sobre corrientes de funcionamiento del motor se proporcionará de acuerdo con NEC 610-43 Protección contra sobrecargas. Además, los circuitos de control estarán protegidos de acuerdo con NEC 610-53 Protección contra sobre corriente.

Asimismo, se proporcionará un relé de sobrecarga de disparo instantáneo de reinicio automático a aproximadamente el 200 % de la corriente de carga completa del motor del polipasto para los polipastos de CC. Se pueden utilizar dispositivos que ofrezcan una limitación de torque motor equivalente en lugar del relé de sobrecarga.

De esta manera, en las grúas automáticas, todos los movimientos se interrumpirán si la grúa no funciona de acuerdo con la secuencia automática de operación.

Por tanto, las dimensiones del espacio de trabajo deberán aplicarse solo a los gabinetes de panel de control montados en puentes o dispositivos de conmutación que se pueden reparar desde una pasarela montada en una grúa. La distancia horizontal desde las partes vivas que

probablemente requieran examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras están energizadas hasta la obstrucción metálica o de otro tipo más cercana será de un mínimo de 30 pulgadas. Además, el espacio de trabajo frente al recinto será al menos tan ancho como el tablero y no deberá ser inferior a 30 pulgadas de ancho. (8)

### **2.7.13. Dispositivos de advertencia**

El propietario o seleccionador, que tenga pleno conocimiento del entorno en el que se operará la grúa, es responsable de la adecuación de los dispositivos de advertencia. Por ello, se dispondrá de un conductor de conexión a tierra separado para los dispositivos situados debajo del gancho cuando se apliquen las dos condiciones siguientes:

- i. La potencia se suministra desde el sistema de control de grúa / polipasto, y el voltaje de alimentación es superior a 30VAC RMS, 42VAC pico o 60 VDC en relación con la tierra.
- ii. El conductor de puesta a tierra se proporcionará de conformidad con el artículo 610 de la NFPA 70.

Asimismo, se debe proporcionar un interruptor de parada, de parada de emergencia en cada dispositivo de control del operador y debe estar al alcance del operador en cualquier posición de operación. Además, el interruptor de parada debe abrir o desenergizar un dispositivo de alimentación (es decir, un contactor de línea principal) que no se requiere para abrir y cerrar durante las operaciones normales de funcionamiento y parada. Se utilizará un circuito a prueba de fallas para implementar esta disposición.

De esta manera, a excepción de los dispositivos de control inalámbricos (como radio o control remoto por infrarrojos), el circuito de parada debe estar cableado y no depender de dispositivos lógicos programables. Todo el movimiento del equipo detenido por los controles de

parada debe poder reiniciarse solo mediante una acción deliberada o una secuencia de acciones por parte del operador. (8)

#### **2.7.14. Interruptores maestros**

Las grúas controladas por cabina deben estar provistas de interruptores maestros para los movimientos de elevación/descenso, transversal y longitudinal, según corresponda, que estén ubicados al alcance del operador.

Los interruptores principales de la cabina deben estar provistos de una muesca o pestillo de resorte que, en la posición de apagado, evita que la manija se mueva inadvertidamente a la posición de encendido. (8).

#### **2.7.15. Sistemas de conductores del puente**

Los conductores del puente pueden ser alambre desnudo de cobre trefilado, cobre duro, de formas rígidas, cables aislados, bobinas de cable u otros medios adecuados para cumplir con la aplicación particular.

Además, si las condiciones locales requieren conductores cerrados, deben ser especificados por el propietario o el especificador. Asimismo, el fabricante de la grúa indicará el tipo de conductores que deben suministrarse. También, los valores nominales intermitentes de grúa publicados de los sistemas conductores fabricados no deben ser inferiores a la ampacidad requerida para el circuito en el que se utilizan. Asimismo, para fines de puesta a tierra, se proporcionará un conductor de conexión a tierra separado. (8)

#### **2.7.16. Sistemas barras conductoras desplazamiento longitudinal**

Consulte la Sección 1.5 de 70-1 Especificaciones generales para información sobre conductores longitudinales. Los colectores de corriente, si se utilizan, deberán ser compatibles con el tipo de conductores de contacto suministrados. La habilitación del colector se

dimensionará para la ampacidad de la grúa según lo computado por el artículo 610 del Código Eléctrico Nacional. A efectos de puesta a tierra, debe proporcionarse un conductor de conexión a tierra separado. (8)

#### **2.7.17. Caída de voltaje**

El comprador proporcionará el voltaje en los puntos de suministro de la barra conductora longitudinal con no más del 105 % y no menos del 96 % del voltaje nominal del sistema y definirá los requisitos del sistema conductor de la barra para lograr un voltaje de entrada no inferior al 93 % del voltaje nominal del sistema a la grúa en el punto de recolección de la barra conductora más alejado de los puntos de suministro de alimentación.

Además, el fabricante de la grúa deberá limitar las caídas de voltaje dentro de la grúa a los motores y otras cargas eléctricas a aproximadamente el 2 % del voltaje nominal del sistema. Asimismo, todas las caídas de tensión se calcularán utilizando las corrientes del alimentador principal, las corrientes de los motores individuales, las corrientes de carga fija y los factores de demanda de varias grúas en la misma barra longitudinal, tal como se define en el artículo 610 del Código Eléctrico Nacional.

De esta manera, los voltajes operativos en las terminales del motor de la grúa no deben exceder el 110 % ni caer por debajo del 95 % de las capacidades nominales del motor, para condiciones nominales de funcionamiento y para lograr los resultados definidos. (8).

### 2.7.18. Control remoto

**Tabla 15:** Velocidades de funcionamiento sugeridas (pies/minuto).

Capacidad en toneladas	Izar			Transversal			Longitudinal		
	Lento	Medio	Max.	Lento	Medio	Max.	Lento	Medio	Max.
<b>3</b>	20	35	45	50	80	130	60	130	180
<b>5</b>	20	30	40	50	80	130	60	130	180
<b>10</b>	15	25	35	50	80	130	60	130	180
<b>15</b>	15	20	30	50	80	125	60	130	180
<b>20</b>	10	20	30	50	80	125	60	130	180
<b>30</b>	10	15	25	50	80	125	60	130	160
<b>35</b>	8	15	25	50	80	125	60	130	160
<b>40</b>	8	15	25	40	70	100	50	100	160
<b>50</b>	5	11	20	40	60	100	50	100	130
<b>60</b>	5	9	18	40	60	80	40	80	130

Fuente: Norma CMAA-70 CUADRO 6.2

**Tabla 16:** Velocidades sugeridas (pies/minuto) radio controlados grúa.

Capacidad en toneladas	Izar			Transversal			Longitudinal		
	Lento	Medio	Max.	Lento	Medio	Max.	Lento	Medio	Max.
<b>3</b>	20	35	45	50	80	130	100	150	220
<b>5</b>	20	30	40	50	80	130	100	150	220
<b>10</b>	15	25	35	50	80	130	100	150	220
<b>15</b>	15	20	30	50	80	125	100	150	220
<b>20</b>	10	20	30	50	80	125	100	150	220
<b>30</b>	10	15	25	50	80	125	75	120	180
<b>35</b>	8	15	25	50	80	125	75	120	180
<b>40</b>	8	15	25	40	70	100	50	100	180
<b>50</b>	5	11	20	40	60	100	50	100	180
<b>60</b>	5	9	18	40	60	80	40	80	150

Fuente: Norma CMAA-70 CUADRO 6.3

**Tabla 17:** Velocidades sugeridas grúas controladas por cabina de (pies/minuto).

Capacidad en toneladas	Izar			Transversal			Longitudinal		
	Lento	Medio	Max.	Lento	Medio	Max.	Lento	Medio	Max.
3	20	35	45	125	150	200	200	300	400
5	20	30	40	125	150	200	200	300	400
7.5	15	25	40	125	150	200	200	300	400
10	15	25	35	125	150	200	200	300	400
15	15	20	30	125	150	200	200	300	400
20	10	20	30	125	150	200	200	300	400
25	10	20	25	100	150	175	200	300	400
30	10	15	25	100	125	175	175	250	350
35	8	15	25	100	125	150	175	250	350
40	8	15	25	100	125	150	175	250	350
50	5	11	20	100	125	150	100	200	300
60	5	9	18	100	125	150	100	200	300
75	4	9	15	75	100	125	75	150	200
100	4	8	13	75	100	125	75	100	150
150	3	6	11	50	75	100	50	100	150

Fuente: Norma CMAA-70 CUADRO 6.4

## 2.8. Guía del comprador de CMAA-70-2008

Esta guía, que fue desarrollada por la Asociación de Fabricantes de Grúas de América, una asociación comercial independiente afiliada a la Industria de Manejo de Materiales de América (MHIA), una división de la Industria de Manejo de Materiales (MHI), proporciona orientación sobre la selección adecuada de un sistema de manejo de materiales y cubre temas como el servicio para el que se utilizará, la frecuencia de su uso, haciendo coincidir su velocidad con las necesidades de fabricación, el presupuesto y más. Fue desarrollada con la única intención de ofrecer información a las partes involucradas en la selección y compra de dicho sistema de manejo de materiales. (10)

La selección adecuada de un sistema de manejo de materiales implica la determinación de varios elementos clave, que incluyen:

- i. El “servicio” para el que se utilizará el sistema. Clase “D”
- ii. La “frecuencia” de su uso es 8 horas diarias a una carga del 25-30 % capacidad
- iii. La “velocidad” del sistema necesaria para hacer coincidir los parámetros del proceso. 7.25 m/min izaje-24.38 m/min transversal-48.8 m/min longitudinal
- iv. El presupuesto de los compradores. Entre \$500,000 y \$700,000

CMAA recomienda que el comprador vuelva a ver el siguiente conjunto de preguntas con su posible proveedor de sistemas de grúas.

1. ¿Está diseñada la grúa de acuerdo con las especificaciones para el puente de rodadura superior y el pórtico tipo de vigas múltiples grúas aéreas eléctricas-Especificación CMAA N.º 70, revisada en 2004?

**Sí** No

2. ¿Son los factores de carga estáticos/dinámicos y las combinaciones de carga consistentes con los requisitos de CMAA? (ver CMAA Spec N.º70-3.3)

**Sí** No

3. ¿Los rodamientos proporcionados son coherentes con el ciclo de trabajo seleccionado? (ver CMAA Spec N.º70-4.8.2)

**Tabla 18:** Horas de operación de rodamiento por clase.

Clase A	1250 horas
Clase B	2500 horas
Clase C	5000 horas
<b>Clase D</b>	<b>10000 horas</b>
Clase E	20000 horas
Clase F	40000 horas

Fuente: Norma CMAA-70

**Sí** No

4. ¿Todo el panel y el cableado de interconexión de acuerdo con el artículo 610 de NFPA NEC? (ver CMAA Spec N.º70-5.1.4)

**Sí** No

5. ¿Los motores están diseñados y construidos de acuerdo con NEMA MG-1? (ver CMAA Spec N.º70-5.2.1)

**Sí** No

6. ¿Cuando los motores se utilizan con control de frecuencia variable PWM, ¿están construidos los motores para su uso con tales VFDs? (ver CMAA Spec N.º 70-5.2.1.3)

**Sí** No

7. ¿Se han calculado los requisitos de potencia mecánica de acuerdo con las guías CMAA para la clase de servicio? (ver CMAA Spec N.º 70-5.2.9)

**Sí** No

8. ¿Los controles tienen el tamaño de la clase de servicio? (ver CMAA Spec N.º 70-5.2.9)

**Sí** No

9. ¿Los dispositivos de cortocircuito y los dispositivos de sobrecarga cumplen con el artículo 610 de NFPA NEC? (ver CMAA Spec N.º70-5.6)

**Sí** No

10. ¿Se incluye una cuarta barra de tierra de electrificación de la pista? (ver CMAA Spec N.º70-5.12.3)

**Sí** No

### **2.8.1. Clases de servicio de grúa CMAA**

CMAA ha establecido clases de servicio de grúas para que la grúa más económica para una instalación en particular pueda especificarse de acuerdo con las Especificaciones para puentes de rodadura superior y pórtico tipo de vigas múltiples grúas aéreas eléctricas-N.º 70 o Especificaciones para grúas aéreas eléctricas de viga única de funcionamiento superior y bajo funcionamiento utilizando carro bajo funcionamiento Izaje-N.º 74. Las clases son las siguientes.  
(10)

### **2.8.2. Clase A (servicio en espera o poco frecuente)**

En esta jerarquía de servicios, tienen lugar los equipos que pueden ser usados en instalaciones, tales como estaciones transformadoras, salas de máquinas, salas de turbinas, servicios públicos y centrales eléctricas, es decir, en lugares donde tenga una operación determinada de equipos a bajas velocidades con periodos altos en los que la grúa quede detenida. Los pesos según su capacidad general mente son manejadas para la instalación inicial de equipos, para dar lugar a mantenimientos no tan recurrentes. (10)

### **2.8.3. Clase B (servicio ligero)**

En esta jerarquía, se encuentran las grúas, cuya operación está situada en almacenamiento ligero, edificios de servicio operación de ensamblaje ligero y talleres de reparación, etc. en donde los requisitos de servicio son livianos y con velocidades relativamente bajas. Las cargas pueden

variar con menos de seis elevaciones por hora, con un promedio máximo de tres metros por elevación. (10)

#### **2.8.4. Clase C (servicio moderado)**

En esta jerarquía, se encuentran las grúas cuya operación puede estar situada en fábricas de papel, salas de máquina o talleres mecánicos. En donde los requerimientos del servicio son moderados. En este modo de servicio las grúas levantarán no más del 50 % de su capacidad nominal con menos de 11 asensos por hora con un promedio de cinco metros. (10)

#### **2.8.5. Clase D (servicio pesado)**

En esta jerarquía de grúas se encuentran las que se pueden operar en aserraderos, patio de contenedores, almacenes de acero, plantas de fabricación, fundiciones, talleres de maquinaria pesada y operaciones de carguío y magnetos de servicio estándar, donde se necesite producción y servicio pesado. En este tipo de servicio en particular las cargas que se asemejen al cincuenta % de la capacidad nominal se operaran repetidamente durante el periodo de trabajo, utilizándose de preferencia las altas velocidades con un promedio de veinte asensos por hora. (10)

#### **2.8.6. Clase E (servicio severo)**

En esta jerarquía de servicio la grúa operará a su capacidad nominal en todo el trayecto de su vida útil. Su aplicación puede estar en manipulación de contenedores, plantas de fertilizantes, aserraderos, molinos de cemento, depósitos de chatarra y pueden incluir combinaciones de magnetos y cucharón, con un promedio de 20 asensos por hora.

#### **2.8.7. Clase F (servicio continuo de severo)**

En esta jerarquía de servicio se necesita un modelo de grúa que pueda manejar cargas que se encuentren muy próximas a su capacidad nominal, de forma continua en condiciones de servicio severas durante toda su vida útil. Dichas grúas están equipadas para poder realizar las

actividades de tareas manuales que afecten directamente a la producción total. Estas grúas deben de brindar una confiabilidad muy alta con un especial cuidado al momento de efectuar su mantenimiento. (10)

### 2.8.8. CMAA Especificación N.º 78–2002 Inspecciones y Seguridad

Los siguientes puntos que empiezan con la numeración 1.1.4 son párrafos propios de la norma CMAA-78-2002, por lo que a partir de los siguientes fragmentos se mantiene la numeración pertenece a este documento; Solo se ha considerado la parte eléctrica, tanto conceptos como fórmulas de la Norma mencionada. (11)

## 2.9. Normas IP

**Tabla 19:** Valores para el primer número IP

Posibles valores para el primer número IP (X) ( )		
Nivel	Tamaño del objeto entrante	Efectivo contra
0	-----	Sin protección.
1	< 50mm	Cuerpos sólidos con esfera de 50 mm de diámetro o menos, no debe llegar a entrar por completo.
2	< 12.5 mm	Cuerpos sólidos con esfera de 12.5 mm de diámetro o menos, no debe llegar a entrar por completo.
3	< 2.5	Cuerpos sólidos con esfera de 2.5 mm de diámetro o menos, no debe entrar en lo más mínimo.
4	< 1	Cuerpos sólidos con esfera de 1 mm de diámetro o menos, no debe entrar en lo más mínimo.
5	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el funcionamiento del equipo.
6	Protección fuerte contra polvo	El polvo no debe entrar en ninguna circunstancia.

Fuente: Norma IP.

**Tabla 20:** Descripciones por el tipo de cubierta para todos los motores.

Posibles valores para el segundo número IP ( ) (X)			
Nivel	Protección frente a	Método de prueba	Resultados
0	Sin protección	Ninguno	El agua entrara en el equipo en poco tiempo
1	Goteo de agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200 mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto)
2	Goteo de agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una porcada giro de 15° tanto en el sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Agua nebulizada (spray)	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Chorros de agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Chorros de agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6.3 mm de diámetro, a un promedio de 12.5 litros por minuto y a una presión de 30 kN/m <sup>2</sup> durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
6	Chorros muy potentes de agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12.5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100 kN/m <sup>2</sup> durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
7	Inmersión en agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar agua
8	Inmersión completa y continua en agua	El equipo eléctrico / electrónico debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7	No debe entrar agua

Fuente: Norma IP.

Estas descripciones por el tipo de cubierta para todos los motores eléctricos, en este caso se eligió la Especificación 5 (segundo dígito), por ser la que cumple los requerimientos actuales para este proyecto. (12)

### **2.9.1. Clase de aislamiento en los bobinados de los motores eléctricos**

En este caso se eligió el Aislamiento Clase “F” para todos los motores eléctricos, así lo manda la CMAA-70.

Se tiene los siguientes códigos por temperatura máxima de aislamientos:

- Aislamiento clase Y = Temperatura máxima admisible de 90°C.
- Aislamiento clase A = Temperatura máxima admisible de 105°C.
- Aislamiento clase E = Temperatura máxima admisible de 120°C.
- Aislamiento clase B = Temperatura máxima admisible de 130°C.
- Aislamiento clase F = Temperatura máxima admisible de 155°C.
- Aislamiento clase H = Temperatura máxima admisible de 180°C.
- Aislamiento clase C = Temperatura máxima admisible de más de 180°C.

Siendo los más usados en motores las clases B, F y H. (12)

### **2.10. Norma NEC-610 grúas y polipastos eléctricos**

***Flexibilidad.*** Cuando se requiera flexibilidad, se permitirá el uso de cable o cable flexible enumerado, o cable de festón enumerado y, cuando sea necesario, se utilizarán carretes de cable o dispositivos de absorción.

Clasificación y tamaño de los conductores:

(A) *Amperaje*. Los amperajes permitidos de los conductores serán los que se muestran en la tabla 610.14(A). (13)

**Tabla 21:** 610.14(A) amperajes de conductores de cobre aislados.

Temperatura máxima de funcionamiento	Hasta cuatro conductores energizados simultáneamente en Pista de rodadura o Cable <sup>1</sup>				Hasta tres conductores AC <sup>2</sup> o cuatro DC <sup>1</sup> energizados simultáneamente en pista o cable		Temperatura máxima de funcionamiento
	75°C (167°F)		90°C (194°F)		125°C (257°F)		
Tamaño (AWG o kcmil)	Tipos MTW, RHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW		Tipos TA, TBS, SA, SIS, PFA, FEP, FEPB, RHH, THHN, XHHW, Z, ZW		Tipos FEP, FEPB, PFA, PFAH, SA, TFE, Z, ZW		Tamaño (AWG o kcmil)
	60 minutos	30 minutos	60 minutos	30 minutos	60 minutos	30 minutos	
16	10	12	—	—	—	—	16
14	25	26	31	32	38	40	14
12	30	33	36	40	45	50	12
10	40	43	49	52	60	65	10
8	55	60	63	69	73	80	8
6	76	86	83	94	101	119	6
5	85	95	95	106	115	134	5
4	100	117	111	130	133	157	4
3	120	141	131	153	153	183	3
2	137	160	148	173	178	214	2
1	143	175	158	192	210	253	1
1/0	190	233	211	259	253	304	1/0
2/0	222	267	245	294	303	369	2/0
3/0	280	341	305	372	370	452	3/0
4/0	300	369	319	399	451	555	4/0
250	364	420	400	461	510	635	250
300	455	582	497	636	587	737	300
350	486	646	542	716	663	837	350
400	538	688	593	760	742	941	400
450	600	765	660	836	818	1042	450
500	660	847	726	914	896	1143	500

Fuente: Artículo 610 grúas y Polipastos

**Tabla 22:** Factores de corrección de amperaje (a)

Temperatura ambiente (°C)	Para temperaturas ambiente distintas de 30 ° C (86 ° F), multiplique los amperajes que se muestran arriba por el factor apropiado que se muestra a continuación.						Temperatura ambiente (°F)
21–25	1.05	1.05	1.04	1.04	1.02	1.02	70–77
26–30	1	1	1	1	1	1	79–86
31–35	0.94	0.94	0.96	0.96	0.97	0.97	88–95
36–40	0.88	0.88	0.91	0.91	0.95	0.95	97–104
41–45	0.82	0.82	0.87	0.87	0.92	0.92	106–113
46–50	0.75	0.75	0.82	0.82	0.89	0.89	115–122
51–55	0.67	0.67	0.76	0.76	0.86	0.86	124–131

Fuente: Artículo 610 grúas y Polipastos

**Tabla 23:** Factores de corrección de amperaje (b)

Temperatura ambiente (°C)	Para temperaturas ambiente distintas de 30 ° C (86 ° F), multiplique los amperajes que se muestran arriba por el factor apropiado que se muestra a continuación.						Temperatura ambiente (°F)
56–60	0.58	0.58	0.71	0.71	0.83	0.83	133–140
61–70	0.33	0.33	0.58	0.58	0.76	0.76	142–158
71–80	—	—	0.41	0.41	0.69	0.69	160–176
81–90	—	—	—	—	0.61	0.61	177–194
91–100	—	—	—	—	0.51	0.51	195–212
101–120	—	—	—	—	0.4	0.4	213–248

Fuente: Artículo 610 grúas y Polipastos

## 2.11. Norma ASME B30.2-2005 Capítulo grúas Eléctricas.

### 2.11.1. Mantenimiento preventivo

El programa y la planeación en una organización de mantenimiento deben basarse en las recomendaciones correspondientes del fabricante de la grúa, así como en el historial obtenido a lo largo del tiempo para este tipo de equipos. El historial con las fechas tiene que ser cuidadosamente registradas en un sistema ERP. Además, los repuestos y componentes para cambiar deben de tener las mismas especificaciones del fabricante original de la grúa puente.

(14)

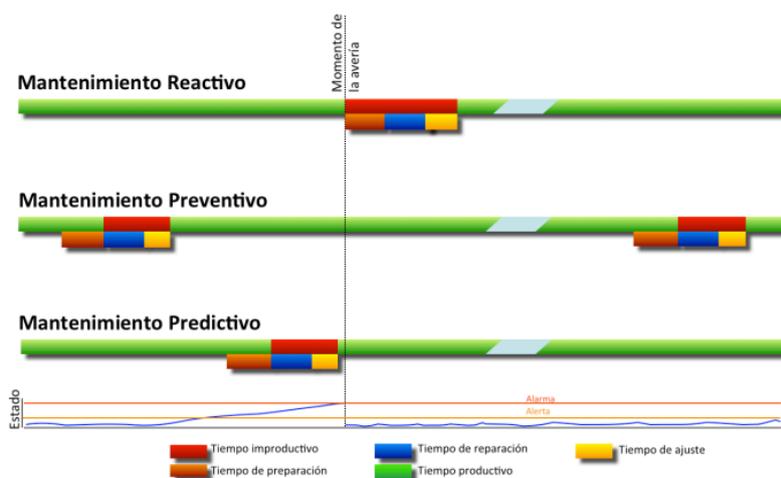


# Modos de falla de equipos eléctricos

MODOS DE FALLA	CAUSAS PRIMARIAS	
	Falla del sistema de aislamiento	Humedad Contaminación Sobrecalentamiento/ Sobrecarga
Falla de contacto eléctrico	Soltura Degradación/Corrosión	Vibración Daño
Falta de funcionamiento	Funcionamiento incorrecto Diseño inadecuado	Fallo del circuito Fallo del mecanismo
Fallo inducido	Daño Medio ambiente	Ejecución trabajo Funcionamiento incorrecto

"Si es aislamiento, MANTÉNGALO LIMPIO y MANTÉNGALO SECO", y  
 "Si es mecánico, MANTÉNGALO AJUSTADO y MANTÉNGALO LIBRE DE FRICCIÓN". - NFPA 70B  
 A esto añadir Para la mayoría de los sistemas, MANTENGA UN OJO SOBRE ESTE (PdM)- RB

**Figura 13:** Modos de falla de Equipos Eléctricos. Fuente: Best Practices in Electrical Equipment Reliability, SMRP Annual Conference, 2014.



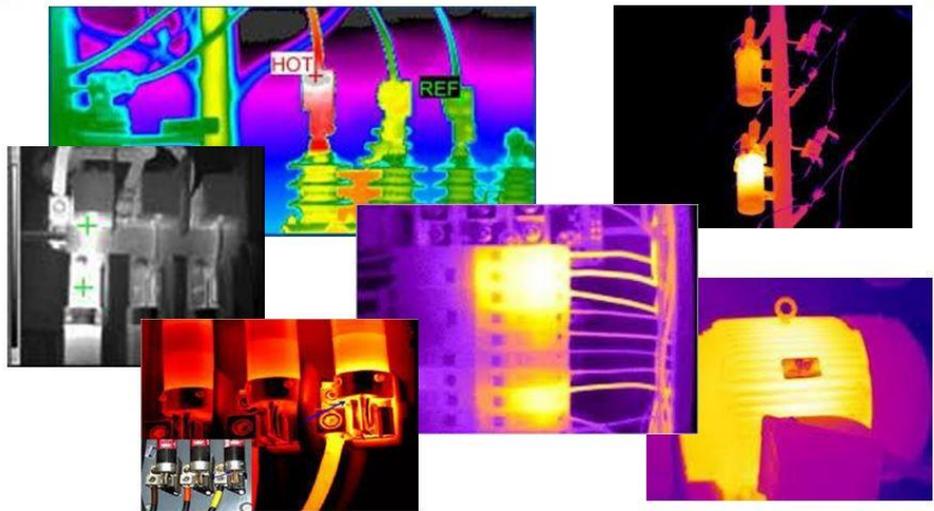
**Figura 14:** Impacto de las paradas por intervenciones. Fuente: La estrategia predictiva en el mantenimiento industrial, 2011.


Inspecciones de ultrasonido



**Figura 15:** Inspección de Ultrasonido Equipos Eléctricos. Fuente: *Best Practices in Electrical Equipment Reliability, SMRP Annual Conference, 2014.*


Imágenes térmicas infrarrojas



**Figura 16:** Inspección de imágenes Infrarrojo Equipos Eléctricos. Fuente: *Best Practices in Electrical Equipment Reliability, SMRP Annual Conference, 2014.*

## Otros métodos prueba comunes

Método de prueba	Aplicación	Prueba/Medición	Notas
Análisis de aceite	Transformadores llenos de aceite, interruptores/disruptores	Condición dieléctrica	Herramienta PdM
		Indicadores de fallo	
Análisis de vibraciones	Equipos rotativos	Desalineación/desequilibrio	Herramienta PdM
		Rodamientos desgastados	Sistemas operativos
Resistencia de aislamiento	Todos los sistemas de aislamiento	Valor de resistencia del aislamiento	PdM - Resultados de tendencias
Relación de absorción dieléctrica		Calidad dieléctrica	
Índice de polarización		Humedad/contaminación	
Prueba de alto potencial de CC	Todos los sistemas de aislamiento	Calidad/resistencia dieléctrica	PdM - Resultados de tendencias
Prueba de voltaje escalonado		Fallas de bobina/bobinado	Ensayo no destructivo
		Prueba de aceptación/herramienta de diagnóstico	
Prueba del factor de potencia	Sistemas de aislamiento de transformadores de alta tensión	Calidad del aislamiento/dieléctrico	Corriente de fuga = sobrecalentamiento
Prueba del factor de disipación		Estrés de la vida real	Beneficios potenciales de PdM
		Pérdida de energía dentro del aislamiento	
Prueba de alto potencial de CA	Todos los sistemas de aislamiento	Resistencia dieléctrica del aislamiento	PdM - No recomendado
		Prueba Go/No-Go	Prueba destructiva
		Prueba de aceptación	Control de calidad

Método de prueba	Aplicación	Prueba/Medición	Notas
Prueba de comparación de sobretensiones	Sistemas de aislamiento combinados	Fallas de bobina/bobinado	Herramienta de diagnóstico
		Prueba de aceptación	Adoptado como herramienta PdM
Pruebas de resistencia de contacto	Interruptores y disyuntores	Conexiones de alta resistencia	Micro ohmímetro
		Contacto/degradación inadecuados	
Pruebas del sistema de tierra	Todos los sistemas de puesta a tierra	Integridad/condición del sistema	Equipo de prueba especializado
		Impedancia del suelo	
Pruebas de circuitos de motores	Motores Generadores	Calidad de aislamiento/dieléctrico	Equipo de prueba especializado
		Problemas de contacto	

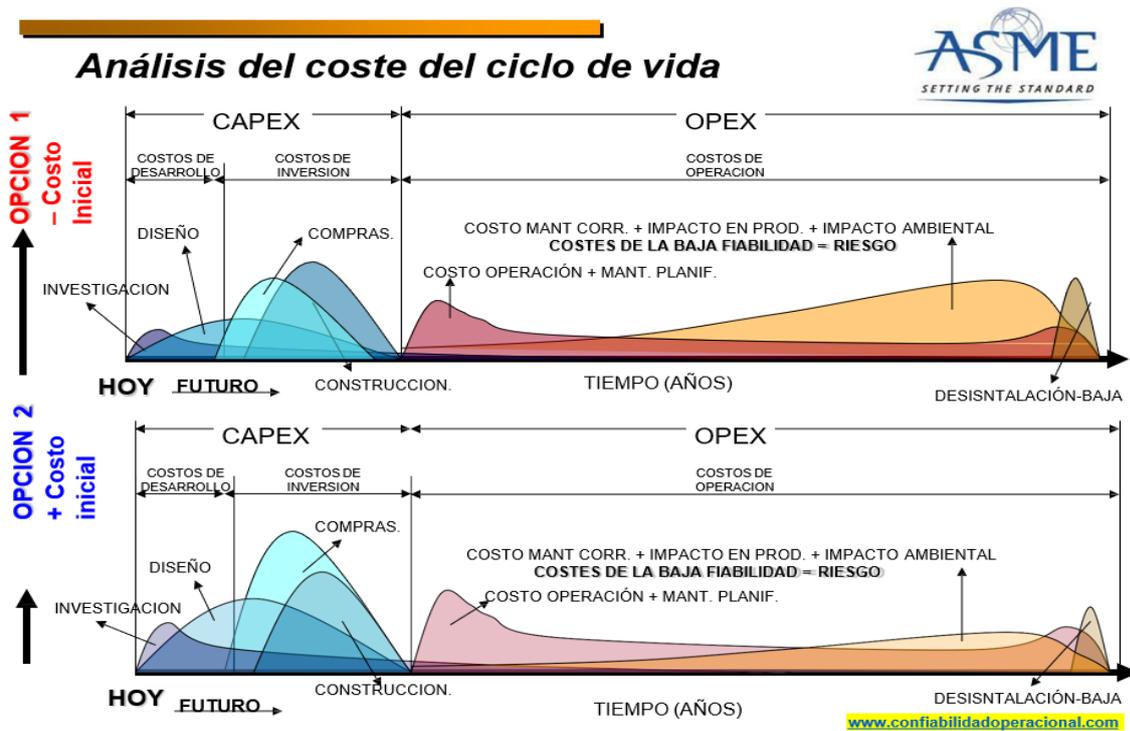
**Figura 17: Otros Métodos de Prueba Eléctricos.** Fuente: *Best Practices in Electrical Equipment Reliability*, SMRP Annual Conference, 2014.

## 2.12. Concepto y Fórmulas de Confiabilidad

### 2.12.1. Confiabilidad

Se define como “la probabilidad de que un equipo (grúa) cumpla una misión específica (no falle) bajo condiciones de operación determinadas en un período de tiempo específico”. (15)

Asimismo, la confiabilidad se relaciona básicamente con la tasa de fallas (cantidad de fallas) y con el tiempo medio de operación  $MUT = \text{tiempo de operación (MUT)}$ . Mientras el número de fallas de un determinado equipo vaya en aumento o mientras el MUT de un equipo disminuya, la confiabilidad de este será menor. (15)



**Figura 18:** Análisis de los costes de ciclo de vida. Fuente: Consideraciones sobre el impacto económico de la Confiabilidad, 2007.

En la opción 1 se observa a simple vista que los costos de Capex son menores que la Opción 2. Se determina que la investigación, diseño, compras y construcción; estos son costos que corresponden al desarrollo e inversión del proyecto.

En la opción 2. Se observa a simple vista que los costos de Opex son menores que la Opción 1. Se determina que el costo de correctivos + impacto en la producción + impacto ambiental. En cambio, los costos de operación + mantenimiento planificado son mayores en la opción 2 respecto a la opción; lo que indica que el riesgo es mayor de la opción 1 vs opción 2.

(3)



1. Consenso sobre metas y objetivos para equipos eléctricos mantenimiento y fiabilidad
2. Comprensión clara de las condiciones y recursos del estado actual
3. Personal capacitado y conocedor para dirigir e implementar el programa
4. Planos eléctricos esenciales y documentación en su lugar, actualizada y accesible, incluidas las instrucciones de servicio del fabricante
5. Programa Integral de Seguridad Eléctrica en el lugar y personal entrenado
6. Estudios realizados para cortocircuito eléctrico, coordinación, confiabilidad y mantenibilidad
7. Procedimientos de respuesta a emergencias implementados

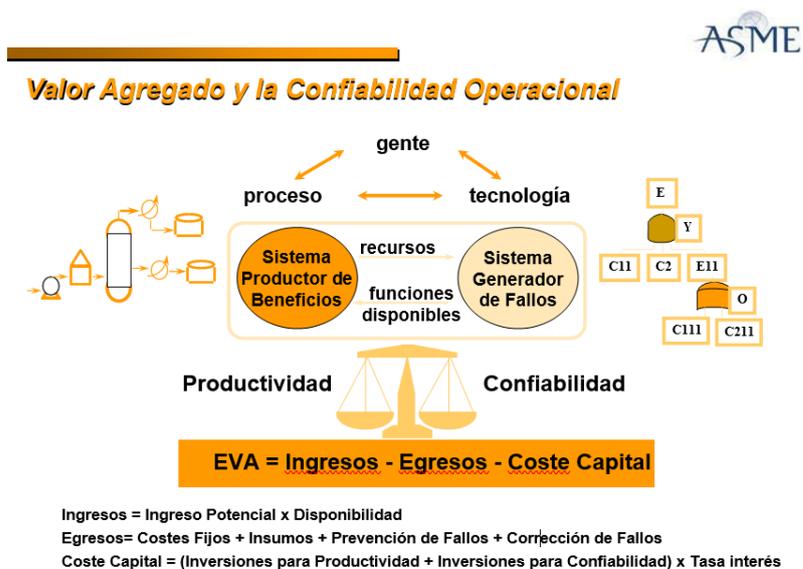
**Figura 19:** *Mantenimiento basado en Programa de confiabilidad (a).* Fuente: *Best Practices in Electrical Equipment Reliability, SMRP Annual Conference, 2014.*

8. Requisitos de mantenimiento y pruebas de equipos desarrollado utilizando un enfoque basado en RCM.
9. Todas las herramientas, equipos de prueba y EPI materiales necesarios identificados, colocados y mantenidos
10. Piezas de repuesto críticas identificadas y disponibles según sea necesario
11. Equipo eléctrico claramente etiquetado y etiquetado según los requisitos de la empresa y de la empresa
12. Supervisión del rendimiento y presentación de informes en el lugar, incluyendo historial de fallos
13. Programa de mantenimiento integrado en el sistema de control de procesos de trabajo
14. Sistema para garantizar que los registros de mantenimiento sea adecuado para su propósito

**Figura 20:** Mantenimiento basado en Programa de confiabilidad (b). Fuente: *Best Practices in Electrical Equipment Reliability, SMRP Annual Conference, 2014.*

### 2.12.2. Metodología para el cálculo de confiabilidad

En esta parte se utilizará las distribuciones más comunes a ser utilizadas para obtener los índices de confiabilidad a ser aplicados a esta grúa puente.



**Figura 21:** Valor agregado y la confiabilidad operacional. Fuente: *Técnicas modernas en Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad, ASME Setting the standard, 2013.*

### 2.12.3. Riesgo

Se define como la estimación matemática probable de pérdidas de vidas, de daños a las instalaciones, a los equipos, al ambiente, producción y a la economía de un sistema por un período específico. Se estima en función del peligro y la vulnerabilidad.

Considerar la fórmula del punto 2.12.4 Distribución exponencial, antes de la modernización.

$$I=F(t)+R(t) \quad \text{se tiene que } F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \text{ entonces } R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde F(t) = Riesgo (Probabilidad de Falla); R(t) =Confiabilidad

Considerar la fórmula del punto 2.12.5 Distribución Log-Normal, después de la modernización.

$$I=F(t)+R(t) \quad \text{se tiene que} \quad F(t) = \Phi\left(\frac{\log t - \mu}{\sigma}\right)$$

$$\text{entonces } R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\log t - \mu}{\sigma}\right)$$

Donde F(t) = Riesgo (Probabilidad de Falla); R(t) =Confiabilidad

### 2.12.4. La distribución exponencial

Históricamente, este modelo de distribución fue muy utilizado en el trabajo con tiempos de vida útil, debido a la simplicidad de los métodos estadísticos que proporciona. La función de densidad de una variable aleatoria con distribución Exponencial. (16)

**Función densidad exponencial:**

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

**Función de riesgo-probabilidad de falla:**

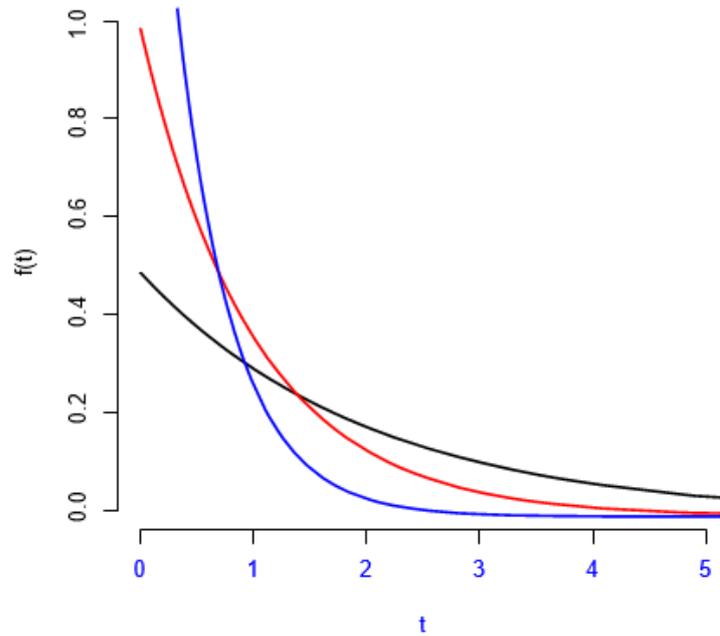
$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

**Función de confiabilidad:**

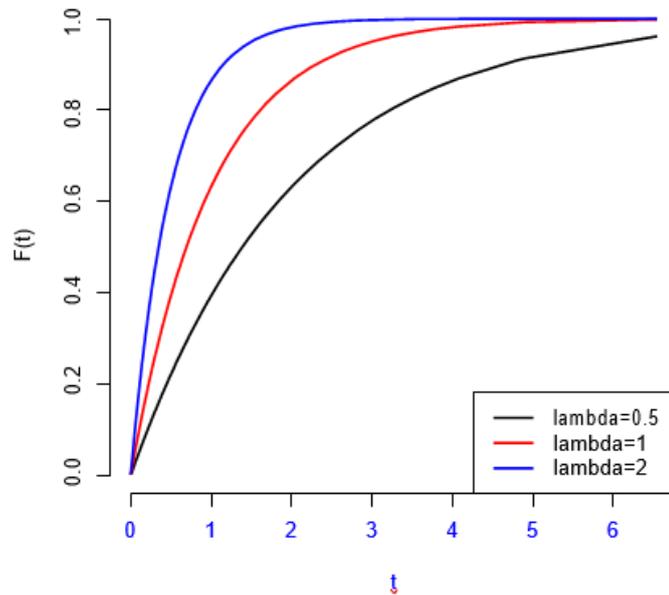
$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

**Función de índice de riesgo:**

$$h(t) = \lambda$$



**Figura 22:** Gráfico de función densidad exponencial. Fuente: *Métodos de inferencia para la distribución weibull: aplicación en fiabilidad industrial*, Universidad de Vigo, 2011.



**Figura 23:** Gráfico de Función Distribución Exponencial. Fuente: *Métodos de inferencia para la distribución weibull: aplicación en fiabilidad industrial, Universidad de Vigo, 2011.*

### 2.12.5. La distribución Weibull

La distribución Weibull es quizá el modelo más utilizado para tratar problemas con tiempos de vida en fiabilidad industrial y al que se considera en este proyecto. (16)

**Función de densidad:**

$$f(t) = \lambda\beta(\lambda t)^{\beta-1} \exp\{-(\lambda t)^\beta\}$$

**Función de riesgo-probabilidad de falla:**

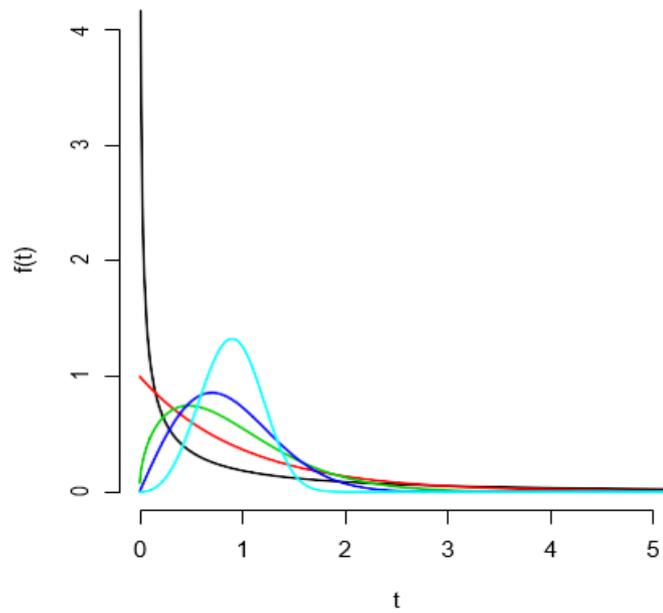
$$F(t) = 1 - \exp\{-(\lambda t)^\beta\}$$

**Función de confiabilidad:**

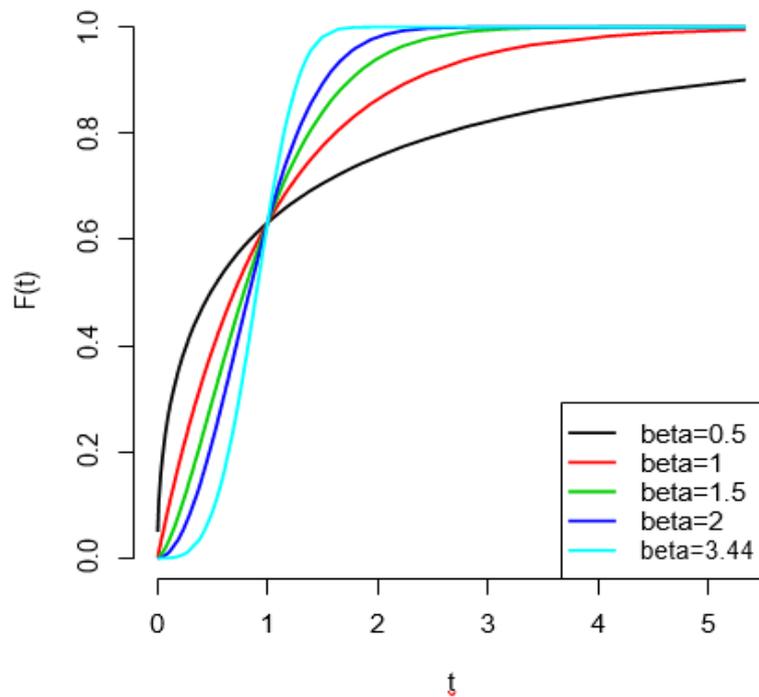
$$R(t) = \exp\{-(\lambda t)^\beta\}$$

**Función de índice de riesgo:**

$$h(t) = \lambda\beta(\lambda t)^{\beta-1}$$



**Figura 24:** Gráfico de Función Densidad Weibull. Fuente: *Métodos de inferencia para la distribución weibull: aplicación en fiabilidad industrial, Universidad de Vigo, 2011.*



**Figura 25:** Gráfico de Función Distribución Weibull. Fuente: *Métodos de inferencia para la distribución weibull: aplicación en fiabilidad industrial, Universidad de Vigo, 2011.*

### 2.12.6. La distribución Log-Normal

Este modelo de distribución se ha utilizado en multitud de aplicaciones asociadas a ingeniería, medicina y otras áreas. (16)

**Función de densidad:**

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[ \frac{-1}{2} \left( \frac{\log t - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]$$

**Función de riesgo-probabilidad de falla:**

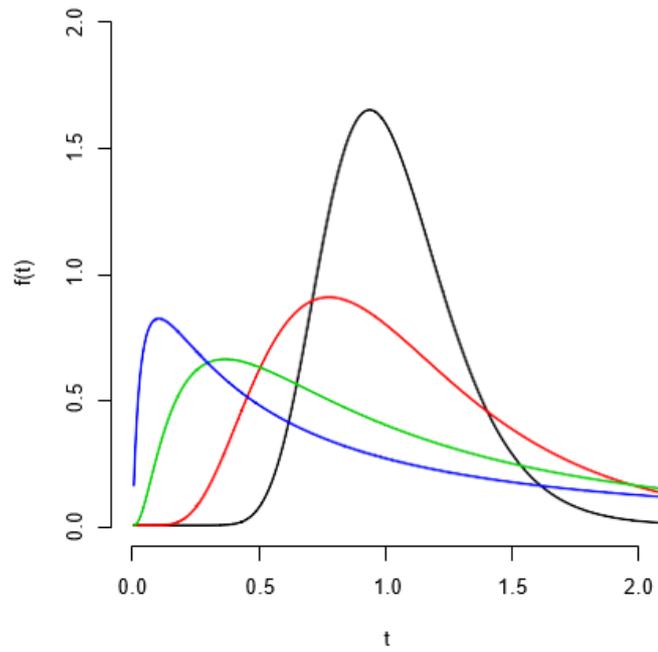
$$F(t) = \Phi \left( \frac{\log t - \mu}{\sigma} \right)$$

**Función de confiabilidad:**

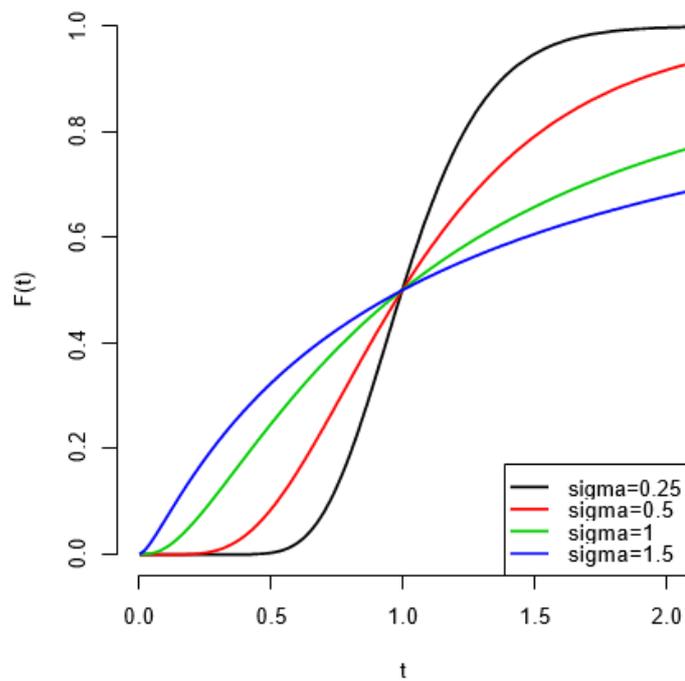
$$R(t) = 1 - \Phi \left( \frac{\log t - \mu}{\sigma} \right)$$

**Función de índice de riesgo:**

$$h(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$



**Figura 26:** Gráfico de Función Densidad Log-Normal. Fuente: *Métodos de inferencia para la distribución weibull: aplicación en fiabilidad industrial, Universidad de Vigo, 2011.*



**Figura 27:** Gráfico de Función Distribución Log-Normal. Fuente: *Métodos de inferencia para la distribución weibull: aplicación en fiabilidad industrial, Universidad de Vigo, 2011.*

### 2.12.7. Distribución gamma

Es una distribución de dos parámetros que tiene parámetros de escala y forma al igual que Weibull y pueden ser ajustados con gran flexibilidad, la distribución exponencial es un caso especial de la distribución gamma cuando  $\alpha=1$ . (16)

#### **Función de confiabilidad gamma**

$$R(t) = \frac{\lambda^a}{r(a)} \int_t^{\infty} t^{a-1} \exp(-\tau t) dt$$

#### **Función densidad**

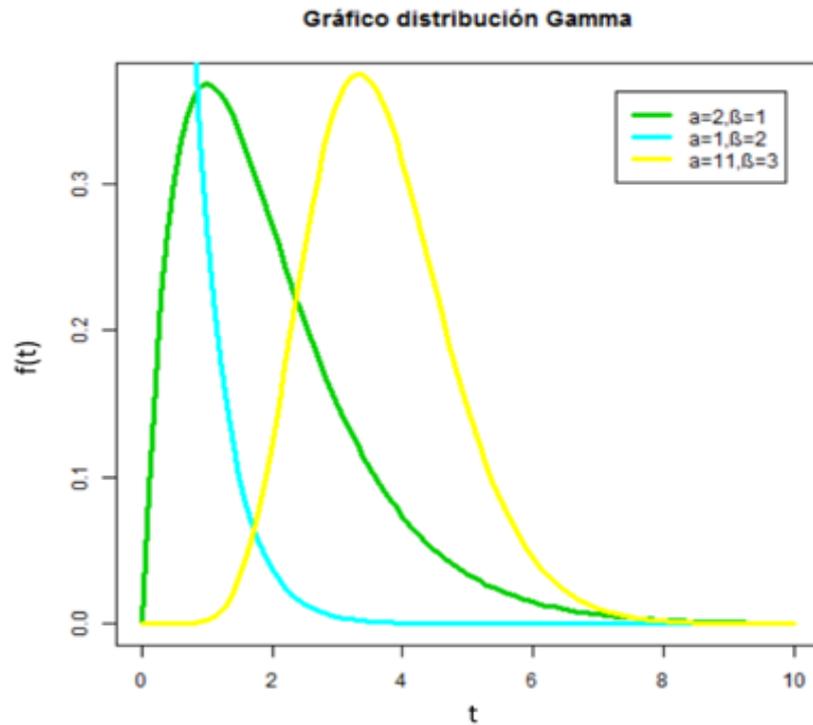
$$f(t) = \frac{\lambda^a}{r(a)} (t)^{a-1} \exp^{-\lambda t}$$

#### **Función de riesgo-probabilidad de falla**

$$F(t) = \int_0^t \frac{\lambda(\lambda y)^{a-1} e^{-\lambda y}}{r(a)} dy$$

#### **Función de índice de riesgo**

$$h(t) = \frac{\beta^\sigma t^{(\sigma-1)} \exp(-\beta t)}{r(a) \left[ \frac{\gamma(a, \beta t)}{r(a)} \right]}$$



**Figura 28:** Gráfico de Función Distribución Gamma. Fuente: *Métodos de inferencia para la distribución weibull: aplicación en fiabilidad industrial, Universidad de Vigo, 2011.*

### 2.13. Fórmulas de Mantenibilidad

#### Característica

Se mencionan a las expectativas con la que se pueden llevar a cabo las actividades de mantenimiento en un activo o equipo.

#### 2.13.1. Método gráfico-analítico

Entradas:

TTR

$$F_1 = (i - 0.3)(n + 0.4)$$

Operación normal

N=No de fallos

t= variable aleatoria

$$a = \frac{Y_0}{e^{-\beta}}$$

B es el parámetro de la forma

Salidas

Weibull, exponencial

$$M(t)_{exp} = 1 - e^{-\frac{t}{a}}$$

$$M(t)_{weibull} = 1 - e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^\beta}$$

$$MTTR_{exp} = a$$

$$MTTR_{weibull} = a\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

## 2.14. Fórmulas de Disponibilidad

### Característica

La cantidad de tiempo operativo de un equipo puede afectar directamente el rendimiento de una planta.

#### 2.14.1. Disponibilidad física

$$(Fis. (\%)) = \frac{(TOPE + STBY + TDOP)}{TTOT}$$

Donde:

TOPE= Tiempo neto operado

STBY= Tiempo en *stand by*

TDOP= Tiempo demora operacional

TTOT= Tiempo total de disponibilidad

TMPR= Tiempo mantenimiento programado

### **2.14.2. Disponibilidad planeada**

$$(Pla. (\%)) = \frac{(TTOT - TMPR)}{TTOT}$$

### **2.14.3. Disponibilidad de operación**

$$(Oper. (\%)) = \left( \frac{TOPE}{TTOT \times 100} \right)$$

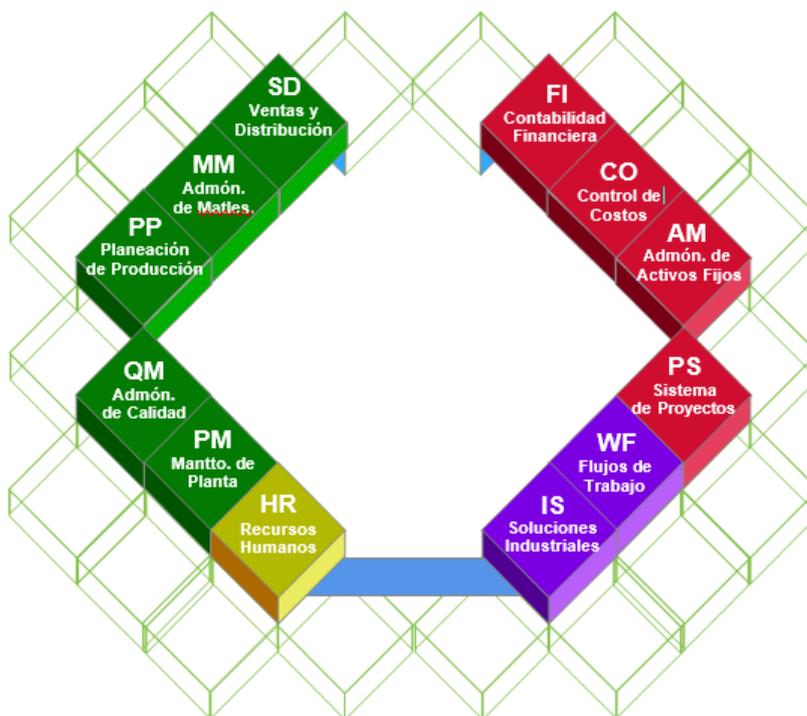
### **2.15. ¿Qué es SAP?**

La empresa SAP es una multinacional de origen germano, que se encarga de diseño de soluciones informáticas para una amplia gama de empresas, junto con Oracle tiene alrededor entre 70 a 80 % de empresas a nivel mundial que utilizan sus productos. La razón fundamental de esto es su nivel de seguridad con la que manejan los datos registrados en su plataforma, son prácticamente infranqueables, por lo que gozan de las aceptaciones privilegiadas de las bolsas internacionales, que le dan una calificación especial a las empresas que utilizan este ERP como soporte de su gestión integral en todos los ambientes corporativos. Asimismo, es igualmente importante entender cómo la flexibilidad de configuración permitirá que sus procesos de negocio se incorporen al diseño de SAP PM.

Los módulos que maneja esta aplicación están identificados en la siguiente figura:

(17)

# SAP - ERP



*Figura 29: Módulos componentes de SAP-ERP. Fuente: Unidad SAP\_SKF & ISO 14224, SKF Internacional, 2014.*

## 2.15.1. Planificación de mantenimiento en PM-SAP

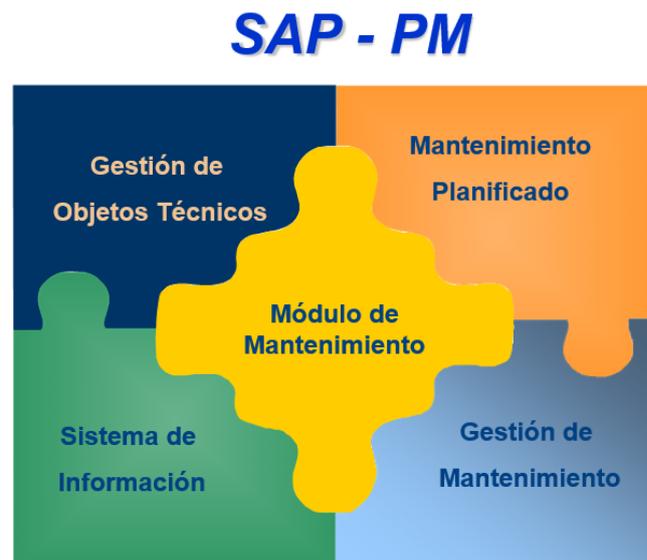
La estructura de mantenimiento de planta mediante SAP-PM está diseñada para crear flexibilidad en la definición del activo físico, así como los recursos de mantenimiento están ambos alineados para dar servicio al equipamiento de planta. Asimismo, el mantenimiento de la planta comienza en la parte superior de la jerarquía con la designación de la planta que es la representación de los activos, que a su vez son soportados por los centros de trabajo y puestos de trabajo, es así que el proceso está basado en ubicaciones funcionales para segregar y alinearlas con informes de planta y parámetros de control. Una de las funciones principales de registrar avisos de problemas como fallas en progreso es atender estos apropiadamente mediante el área

de Planeamiento de Mantenimiento. Si el problema declarado paró el funcionamiento del activo principal este debe ser atendido de inmediato por el área de Ejecución de Mantenimiento. La gestión de los recursos humanos, recursos de reservas de materiales, pedidos externos y solicitudes de servicios también se canalizan vía SAP-PM. (17)

---

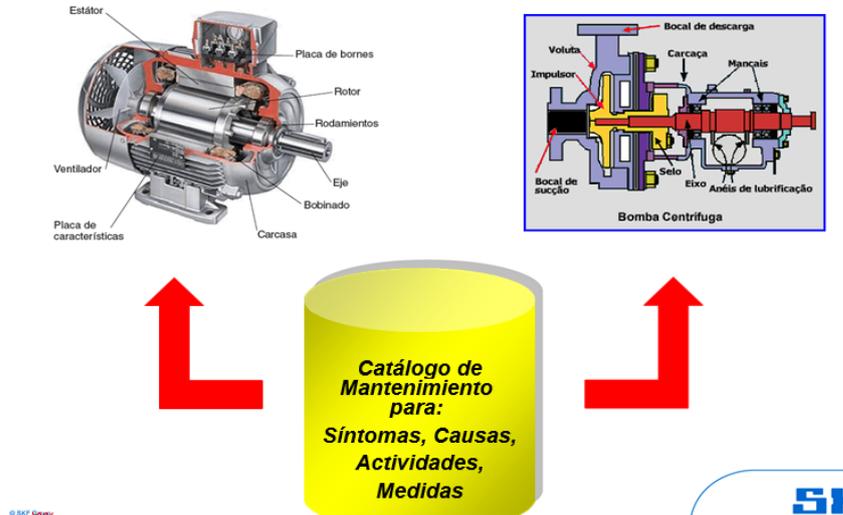
## Implementando SAP - ERP Funcionalidades

---



**Figura 30:** Funcionalidades del módulo SAP –PM. Fuente: Unidad SAP\_SKF & ISO 14224, SKF Internacional, 2014.

### Catálogos Como Soporte a la Gestión

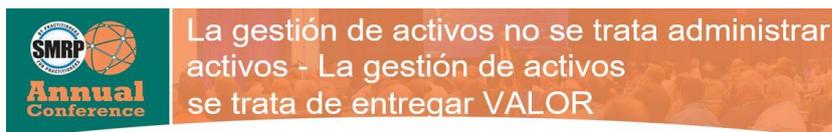


**Figura 31:** Catálogos como soporte a la Gestión-Clasificación. Fuente: Unidad SAP\_SKF & ISO 14224, SKF Internacional, 2014.

## 2.16. Bases Teóricas

### 2.16.1. Activo

Un activo es algo que posee valor potencial o real para una organización. El valor puede variar entre diferentes organizaciones y sus partes interesadas y puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero. (5)



**Figura 32:** Valor comparativo entre el riesgo y el valor del activo. Fuente: *Connecting Asset Management, SMRP Annual Conference, 2014.*

La gestión de activos no se trata de administrar activos, sino que se trata de entregar valor. Resume el valor comparativo que se le debe dar a un equipo para tenerlo bajo control ante cualquier riesgo involucrado, con su operación. (5)

### **2.16.2. Norma ISO 55000**

Esta norma internacional provee los aspectos generales para la gestión de activos y sistemas de gestión de activos (es decir, sistemas de gestión para la gestión de activos). También, provee el contexto para las Normas ISO 55001 e ISO 55002. (5)

## Categoría Clase Mundial



**Figura 33:** Gestión de activos, Categoría Clase Mundial. Fuente: *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)*, ASME International, 2002.

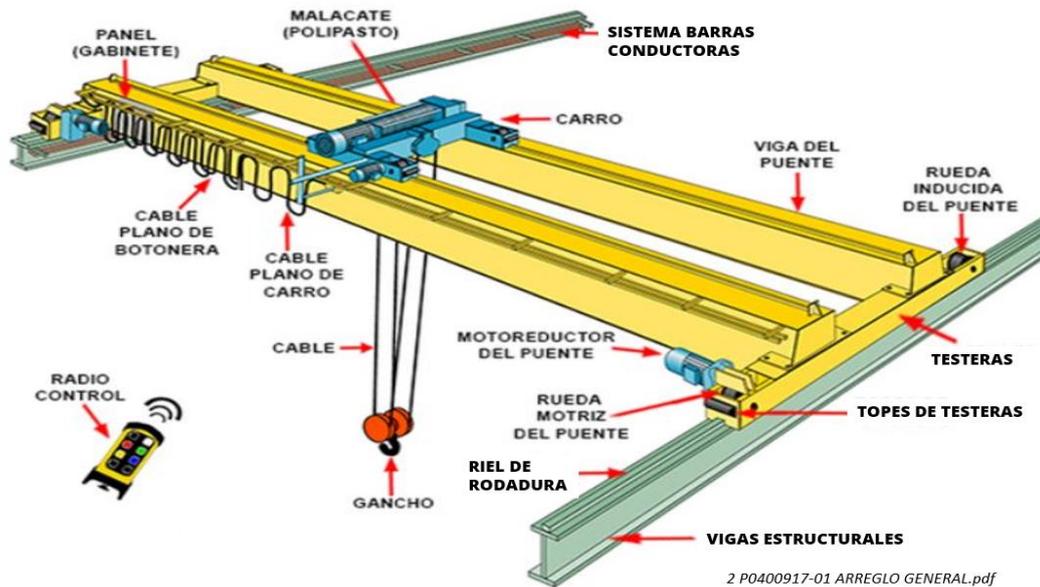
### 2.16.3. Planificación

Es el enfoque líder para el mantenimiento y la mejora de la confiabilidad, planificar no es programar. La programación es cuándo ejecutar, además la planificación se trata de la preparación y el diseño de lo que se va a hacer en los tiempos correspondientes necesarios. Se considera para reducir el trabajo de emergencia para que la oportunidad de planificar esté disponible también en segundo lugar, aprovechar ese tiempo para preparar la ejecución del trabajar para el éxito. Sin planificación, SAP en el mejor de los casos, puede convertirse en un mecanismo de seguimiento por fallas sin un medio confiable para implementar mejoras. (17)

### 2.16.4. Grúa puente

Una grúa aérea es una máquina o pieza de equipo, que permite levantar y mover materiales pesados de un lugar a otro de una manera precisa. No existe un enfoque único para definir una grúa aérea, ya que cada grúa aérea está cuidadosamente diseñada para un propósito o aplicación específica, para satisfacer las necesidades de manejo de materiales de una empresa.

(6)



*Figura 34: Vista de una grúa puente y sus principales componentes. Fuente: Requisición y Orden de compra, Modernización grúa puente CAP. 70 Tn, Movitécnica, 2016.*

### 2.16.5. Carros testers

Son los encargados del traslado longitudinal de la grúa, uno de los problemas más comunes con las grúas aéreas es el desigual y desgaste excesivo de las ruedas del testero final. Las ruedas de una grúa aérea se desgastarán naturalmente debido al uso normal y puede requerir un mantenimiento, reemplazo y ajuste más frecuentes que otros componentes. Sin embargo, una grúa que está fuera de alineación o está moviendo cargas fuera de las capacidades y clases de servicio para las que fue diseñado, tendrá tensiones adicionales en el carro final y las ruedas a medida que se mueve por los rieles guía. (7)

### 2.16.6. Ruedas finales

Se puede actualizar con ruedas hechas de un material más duro que sea más adecuado para la aplicación y para la dureza del riel en sí. Una rueda que es más dura que la dureza del riel

comenzará a causar un desgaste excesivo en el riel o la viga en sí, así que asegúrese de que las ruedas se hayan hecho específicamente para el riel en el que están funcionando, pero también tenga la capacidad de manejar la carga adicional. Asimismo, los rodamientos se pueden actualizar con un diseño antifricción para reducir el desgaste al tiempo. (7)

#### **2.16.7. Mandos y controles**

Cuando el trabajo de los motores cambia, el sistema de accionamiento también varía. Cualquier cambio en los conjuntos de engranajes o el tamaño del motor también requerirá cambios en el sistema de accionamiento y los controles de la grúa. Agregar un sistema de control moderno, como un variador de frecuencia, puede proporcionar controles de aceleración y desaceleración más suaves, lo que elimina los arranques y paradas abruptos y ayuda a prevenir el balanceo de la carga. Los arranques y paradas más suaves también constituyen menos balanceo de carga que ayudan a prevenir el desgaste diario del equipo de la grúa. (7)

#### **2.16.8. Norma CMAA 70-2009**

Esta especificación ha sido desarrollada por la Asociación de Fabricantes de Grúas de América Inc. (CMAA), una organización de los principales fabricantes de grúas aéreas eléctricas en los Estados Unidos, con el propósito de promover la estandarización y proporcionar una base para la selección del equipo. El uso de esta especificación no limitará el ingenio del fabricante individual, sino que debe proporcionar directrices para el procedimiento técnico. Además de las especificaciones, la publicación contiene información que debería ser útil para los compradores y usuarios de grúas y para las profesiones de ingeniería y arquitectura. (8)

#### **2.16.9. Equipos eléctricos**

Las grúas con alimentación AC pueden estar equipadas con motores de rotor de jaula de ardilla y/o rotor bobinado, multi velocidad o velocidad variable. La propuesta del fabricante de

la grúa incluirá la clasificación y descripción de todos los motores, frenos, control y elementos de protección y seguridad. El fabricante de la grúa suministrará y montará todo el equipo eléctrico, los ductos y el cableado, a menos que se especifique lo contrario. Si es necesario desmontar parcialmente la grúa para el envío, todos los ductos y cableados afectados se cortarán por completo e identificarán para facilitar el remontaje. (8)

#### **2.16.10. Motores CA**

Los motores se diseñarán específicamente para el servicio de grúa, polipasto y deberán cumplir con las Normas NEMA MG1 o las Normas AISE No.1 o 1A, en su caso. Podrán especificarse diseños que no se ajusten a estas normas. Motores de CA utilizados con inversores. La construcción del motor debe ser TENV, TEFC, motor con ventilador independiente o tipo a prueba de goteo abierto. El aislamiento del motor debe tener una clasificación de clase F y debe estar protegido térmicamente con un sensor integrado en el devanado del motor. (8)

#### **2.16.11. Frenos**

El fabricante de la grúa debe especificar los tipos de frenos eléctricos para los movimientos de elevación y traslación. Los frenos de detenimiento se aplicarán en forma automática cuando se desconecte la alimentación del freno. En los polipastos equipados con dos frenos de retención eléctricos, se puede incluir un ajuste de retardo de tiempo de un freno. (8)

#### **2.16.12. Tableros**

Los paneles de control deben estar cerrados y deben ser adecuados para el entorno y el tipo de control. Además, la especificación del tablero será determinada por acuerdo entre el comprador y el fabricante de la grúa. Un gabinete típico sin ventilación puede estar de acuerdo con una de las siguientes clasificaciones de la publicación ICS6 de las Normas NEMA: (8)

### **2.16.13. Resistencias**

Estas deben tener una capacidad térmica de no menos de la serie NEMA Clase 150 para las clases de servicio de grúas CMAA A, B y C y no menos de la serie NEMA Clase 160 para las clases de servicio CMAA D, E y F. Asimismo, las resistencias utilizadas con sistemas de frenado eléctrico de potencia en polipastos de CA no equipados con los frenos de carga mecánicos deberán tener una capacidad térmica no menor que la serie NEMA Clase 160. Deben diseñarse para proporcionar la velocidad y el par adecuados según lo requiera el sistema de control utilizado. (8)

### **2.16.14. Interruptores de límite**

Los movimientos de ascenso y descenso de todas las grúas estarán equipados con un interruptor limitador de viaje en la dirección de elevación para detener el movimiento de elevación. Por ello, si se utiliza un interruptor o dispositivo de límite con engranajes u otro que funcione en relación con los giros de tambor, la interrupción del movimiento de elevación no interferirá con el movimiento de descenso. Además, la bajada del bloque restablecerá automáticamente el interruptor de límite, a menos que se especifique lo contrario. Los interruptores de desplazamiento del carro y de límite de recorrido del puente, cuando se especifique, serán del tipo de circuito de control. (8)

### **2.16.15. Variadores de frecuencia VFD**

Se basará en la recomendación del fabricante del inversor teniendo debidamente en cuenta lo siguiente: clase de servicio de la grúa, aplicación, entorno operativo, fuente de alimentación y corriente del motor a plena carga. La corriente continua del inversor debe ser igual o mayor que la corriente del motor a plena carga. Además, la capacidad de sobrecarga = 1,5X corriente del motor a plena carga durante 60 segundos. Estarán provistos de una función de frenado dinámico

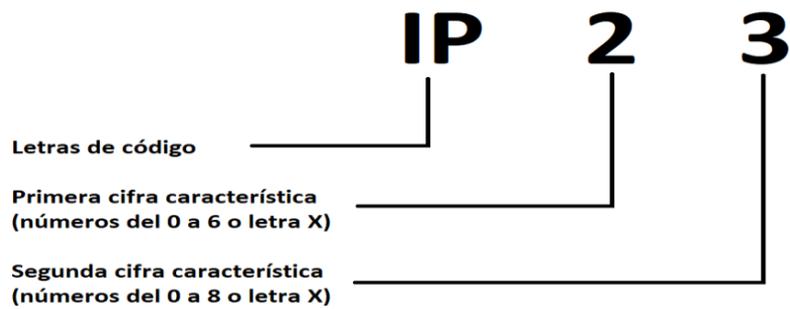
o de una capacidad totalmente regenerativa. Los inversores deben estar provistos de una protección de circuito derivado adecuada en el lado de la línea. Las formas de onda distorsionadas en la línea y/o la corriente de cortocircuito pueden requerir el uso de transformadores de aislamiento, filtros o reactores de línea. (8)

#### **2.16.16. Control remoto**

El control remoto puede ser por medio de transmisión de radio o infrarrojos o una estación de control fuera de la grúa conectada a la grúa a través de cableado. La estación de control puede consistir en botones pulsadores, interruptores maestros, teclados de computadora o una combinación de estos. La selección y aplicación del sistema de control remoto debe hacerse para asegurar la compatibilidad entre el control remoto y el sistema de control de la grúa y eliminar la interferencia. Cuando se proporciona más de una estación de control, se deben incluir enclavamientos eléctricos en el sistema para permitir la operación desde una sola estación a la vez. Debe prestarse la debida atención a la eliminación de la interferencia. (8)

#### **2.16.17. Normas IP**

La norma IEC 60529 se ha desarrollado para clasificar la resistencia de las carcasas de dispositivos eléctricos y electrónicos contra la intrusión de polvo y líquidos. También, califica qué tan fácil es para las personas acceder a las partes potencialmente peligrosas dentro del gabinete. (12)



**Figura 35:** Descripciones de prefijos de tipo de gabinete. Fuente: Grados de Protección IP y Clase de Aislación, <https://www.elan.cl/>, 2015.

Estas son las descripciones del tipo de gabinete para ubicaciones no peligrosas. En este caso se eligió la Especificación NEMA 4X, por ser la que cumple los requerimientos actuales. Fuente: Grados de Protección IP y Clase de Aislación. (12)

#### **2.16.18. Estrategia predictiva**

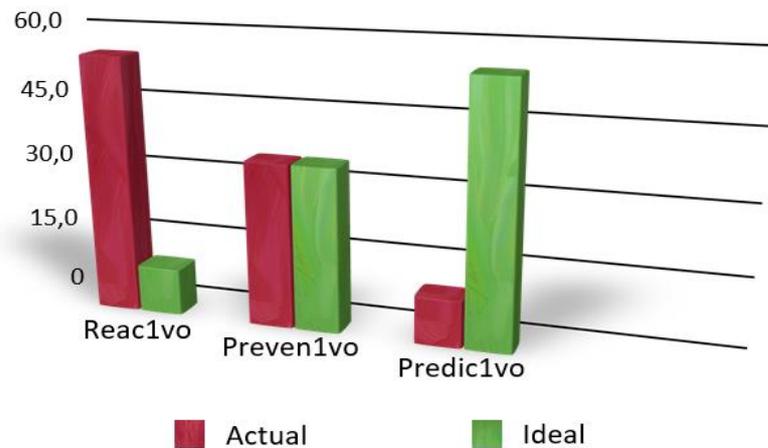
Este análisis avanzado utiliza datos actuales e históricos para pronosticar actividad, comportamiento y tendencias. Además, implica aplicar técnicas de análisis estadístico, consultas de datos y algoritmos de aprendizaje automático a conjuntos de datos que asignan un valor numérico o puntaje, a la posibilidad de que ocurra una acción o acontecimiento en particular. Es una disciplina clave en el campo del análisis de datos, un término general para el uso de métodos cuantitativos y conocimiento experto para obtener significado de los datos y responder preguntas fundamentales. (2)



**Figura 36:** Clasificación de las estrategias de mantenimiento. Fuente: *La estrategia predictiva en el mantenimiento industrial, 2011.*

#### 2.16.19. Mantenimiento proactivo

Es una estrategia de mantenimiento que corrige el origen de las condiciones subyacentes del equipo. El objetivo del mantenimiento proactivo es reducir el tiempo de inactividad no planificado, las fallas de los equipos y los riesgos asociados con la operación de equipos defectuosos. Permite a una empresa reducir los costos a largo plazo. Los ahorros se logran evitando el tiempo de inactividad y aumentando la confiabilidad y disponibilidad del equipo. También, se puede esperar que el equipo esté operativo durante períodos más prolongados si se minimiza el deterioro mediante un mantenimiento proactivo. (2)



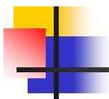
**Figura 37:** *Objetivos recomendados por expertos en mantenimiento.* Fuente: *La estrategia predictiva en el mantenimiento industrial, 2011.*

#### **2.16.20. Gestión mantenimiento**

Es el proceso de mantenimiento de los equipos y recursos de una empresa, que en las empresas no suele explorarse en profundidad. Asimismo, la gestión del mantenimiento implica realizar un seguimiento de los activos y las piezas. El propósito es asegurar que la producción proceda de manera eficiente y se desperdicie la cantidad mínima de recursos. Esto generalmente se logra mediante una combinación personalizada de herramientas informáticas, prácticas y personal que se enfoca en lograr estos objetivos. (2)

#### **2.16.21. Confiabilidad**

El estudio de la confiabilidad de componentes y procesos es la base de muchas evaluaciones de eficiencia en la disciplina de gestión de operaciones. Esa se define como la probabilidad dependiente del tiempo mediante la operación correcta de que un componente o un sistema completo realice su función prevista durante un período de tiempo predeterminado, cuando opera en su entorno de diseño.



**Figura 38:** Incertidumbre de Costos en Confiabilidad. Fuente: Consideraciones sobre el impacto económico de la “Confiabilidad”, 2007.

El estudio de confiabilidad también se puede utilizar para comprender cómo se pueden evitar las fallas. Se puede intentar prevenir posibles fallos, actuando sobre el diseño, materiales y mantenimiento. (3)

### 2.16.22. Capex

**Costes de investigación, diseño y desarrollo.** Planificación inicial, análisis de mercado, investigación del producto, requisitos de diseño e ingeniería, etc.

**Costes de adquisición y construcción.** Ingeniería industrial y análisis de operaciones, producción (fabricación, montaje y pruebas), construcción de instalaciones, desarrollo del proceso, operaciones de producción, control de calidad y requisitos iniciales de apoyo a la logística. (3)

### **2.16.23. Opex**

*Costes de operación y apoyo.* Insumos de operaciones del sistema de producción, mantenimiento planificado, mantenimiento correctivo (depende del factor confiabilidad) y costes de apoyo logístico durante el ciclo de vida del sistema.

*Costes de retirada y eliminación.* Eliminación de elementos no reparables a lo largo del ciclo de vida, retirada del sistema y reciclaje de material. (3)

### **2.16.24. Mantenibilidad.**

Determina de qué forma sencilla se pueden efectuar las actividades de mantenimiento en un activo o equipo. Su propósito es medir la posibilidad de que un equipo en estado de falla pueda ser restaurado a condiciones normales de operación después de someterse a mantenimiento. Asimismo, para obtener su valor, la forma más común es simplemente calcular el tiempo promedio que lleva reparar un equipo. Esto puede sonar familiar porque está midiendo el tiempo medio de reparación (MTR), que también se usa normalmente como una métrica de indicador de rendimiento. (18)

### **2.16.25. Disponibilidad**

La cantidad de tiempo operativo de un equipo puede afectar directamente el rendimiento de una planta. Si bien la disponibilidad como métrica se puede expresar de varias maneras, generalmente cuantifica la posibilidad de que un equipo esté en condiciones de funcionamiento. Por lo tanto, para caracterizar la disponibilidad de un activo, es importante identificar las instancias de tiempo de inactividad o cualquier duración en la que se detengan las operaciones. El tiempo proporcionaría información útil para comparar que periodo de inactividad contribuyo al rendimiento general del equipo o de toda la planta. (19)

## Disponibilidad



- **Disponibilidad Actual** (para el período evaluado  $\approx$  7 años): **A = 94,62%**
- **Número total de eventos: 16**
- **Tiempo Promedio Operativo (TPO): 157,31 Días**
- **Tiempo Promedio Fuera de Servicio (TPFS): 8,93 Días**
- **Tiempo Promedio Entre Fallas: 166,25 Días**
- **Tiempo Total de Operación (TTO): 2517 Días**
- **Tiempo Total Fuera de Servicio (TTFS): 143 Días**
- **Disponibilidad Esperada (Probabilística) = 95,03 %**  
(según Weibull) para un período de 7 años

*Figura 39: Conceptos de disponibilidad. Fuente: Técnicas modernas en ingeniería de mantenimiento y confiabilidad, ASME Setting the standard, 2013.*

### 2.16.26. TPPF-MTTF

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado. El tiempo promedio para fallar también es llamado “tiempo promedio operativo” o “tiempo promedio hasta la falla”. (19)

### 2.16.27. TPPR-MTTR

El tiempo promedio para reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, facilitan enormemente el mantenimiento. (19)

### 2.16.28. TMEF-MTBF

El tiempo promedio entre fallos indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del

evento “fallo”. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.  
(19)

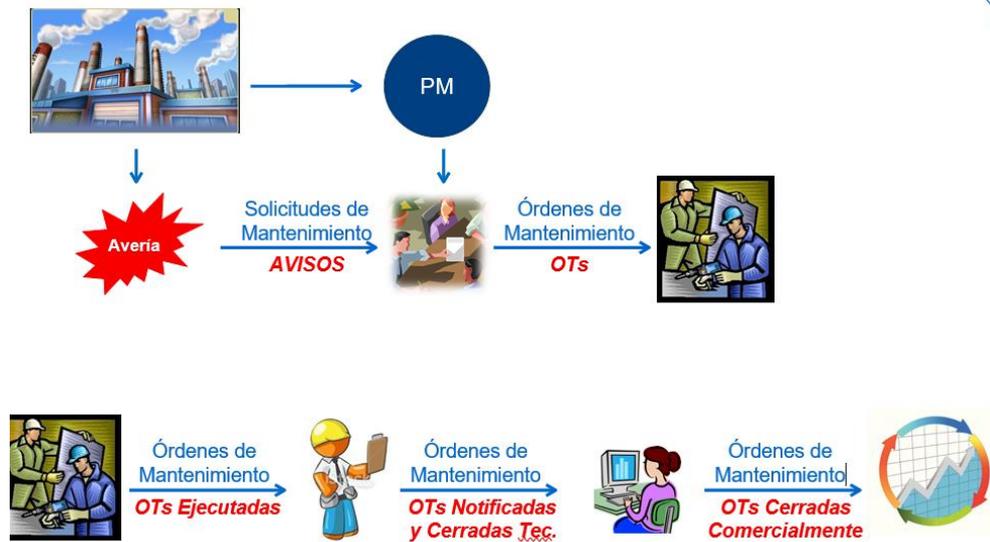
#### **2.16.29. Vida útil**

El final de la vida útil puede significar el final del soporte del fabricante para su grúa, pero no significa el final de ella. De hecho, muchos activos seguirán funcionando a niveles óptimos durante años después. El ciclo de vida de un producto o servicio es un proceso que sigue las diferentes etapas de este equipo. Los que se dividen en cuatro etapas que ayudan a identificar en qué parte se encuentra el producto o servicio en el momento actual. Sus cuatro etapas: procura, instalación, desempeño y declive, cada una describe en qué incurre el equipo en ese momento.  
(20)

#### **2.16.30. SAP PM**

SAP PM Mantenimiento de planta es una implementación automatizada basada en una herramienta informática eficiente que proporciona una amplia gama de remedios para simplificar cualquier cosa, desde el mantenimiento de rutina de la planta o parte de esta, por lo que es muy útil para incorporar los datos y métodos vinculados con el proceso de programa de mantenimiento. Asimismo, las funciones básicas del mantenimiento incluyen tareas como la revisión de los equipos, así como su depuración, operación, limpieza, seguimiento y mantenimiento de todas las instalaciones. Además, está diseñado para aplicar, ayudar a los sistemas y procesos de los propietarios de empresas medianas y grandes; incluida la organización, producción y los resultados financieros. (17)

## Implementando SAP - ERP Contextualizando la Gestión desde SAP



**Figura 40:** Contextualizando la gestión desde SAP-PM. Fuente: Unidad SAP\_SKF & ISO 14224, SKF Internacional, 2014.

### 2.16.31. Planes de mantenimiento

Estos son un conjunto de series de mantenimientos en los cuales se van a hacer intervenciones de los equipos listados bajo determinadas posiciones de los activos en una planta de manera proactiva. Su función es disminuir y eliminar las condiciones correctivas que determinan la falla de equipos a través de secuencias de intervención preestablecidas. Todos los equipos principales de una instalación son susceptibles a ser programados para asegurar su operación a lo largo del periodo de producción. (17)

### 2.16.32. Hojas de Ruta

Una lista de tareas EN SAP se puede ver como una lista de instrucciones definidas que deben completarse para lograr un objetivo. Técnicamente, es un método sin orden para ejecutar una actividad funcional. Aparte del módulo de planificación de la producción, está el módulo de sistemas de proyectos, el módulo de gestión de la calidad y el módulo de mantenimiento de la

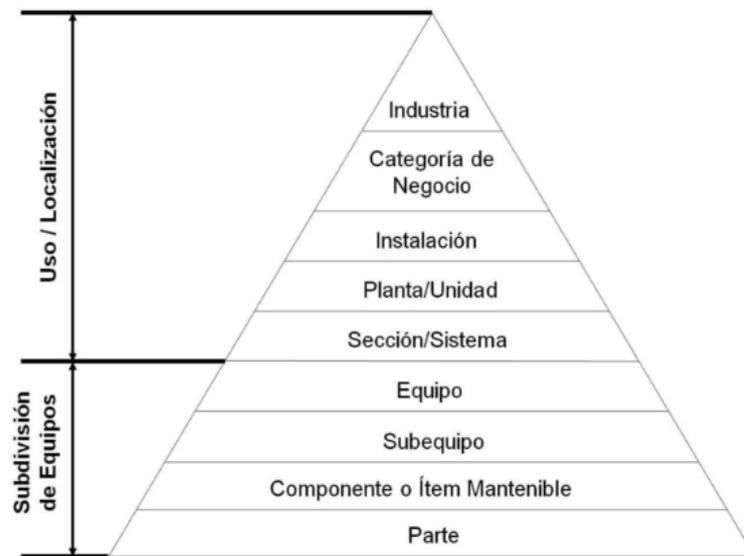
planta, que utilizan la lista de tareas para producir un resultado específico basado en una secuencia definida de actividades. (17)

### **2.16.33. Estrategias de mantenimiento**

Son las reglas de cómo llevar a cabo las secuencias de intervención considerando los procedimientos de trabajo seguro. Contiene información de los intervalos, grupos de trabajo, lista de tareas y las métricas de su intervención. También, se determinan los ciclos para realizar los mantenimientos, por ejemplo, cada 15 días, cada 30 días, cada 2,500 kilómetros, cada 1000 horas de operación. (17)

### **2.16.34. Norma ISO 14224 Taxonomía Activos Físicos**

Se utiliza la taxonomía para estandarizar los datos maestros de los equipos para crear una jerarquía técnica que cumpla con la norma ISO 14224, con límites de equipos y subdivisiones definidas estructuralmente como se muestra en la figura 42. Esto asegura una interpretación consistente y estandariza los datos recopilados por diferentes personas dentro de la organización. Definiendo la clasificación taxonómica y utilizando un Informe de coherencia estructural se puede validar el cumplimiento de las especificaciones de datos maestros para agregar datos de fallas al nivel de unidad de equipo. (17)



**Figura 41:** Clasificación Taxonómica y Niveles Taxonómicos. Fuente: Unidad SAP\_SKF & ISO 14224, SKF Internacional, 2014.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3. Método y Alcance de la Investigación**

##### **3.1. Método de la investigación**

La metodología es cuantitativa, porque los datos obtenidos son medibles. Tiene como objeto explicar mediante una investigación sistémica las manifestaciones observables que se realizan por medio de la recolección de datos, distinguidos mediante métodos basados en técnicas matemáticas o informáticas.

##### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación seleccionada será del tipo aplicada, esta se basa en teorías o métodos sucedidos en el tiempo para dar solución a problemas existentes, que permite delimitar el trabajo presentado con problemas prácticos. A su vez está orientada a conocer las necesidades en torno al problema que se está estudiando desde un punto de vista medible en el tiempo. De esta manera se propone soluciones anticipándose a los problemas que pueden llevarse a cabo dentro de un resultado óptimo, se habla de una investigación aplicada.

##### **3.3. Nivel de Investigación**

La investigación es de nivel explicativo, teniendo en cuenta que esta establece hipótesis, que constituyen el núcleo de la referencia teórica. Por consiguiente, esta tesis trata de dar cuenta del funcionamiento de fenómenos en términos de relaciones de influencia recíproca entre variables, factores o elementos.

##### **3.4. Unidad de Estudio de la Investigación**

La unidad de estudio en este proyecto de investigación es determinar el impacto de la

modernización de una grúa puente eléctrico en los indicadores de confiabilidad, riesgo, mantenibilidad, disponibilidad, y “ciclo de vida” en el tiempo. Esta investigación solo cuenta con unidad de estudio no cuenta con población y muestra.

### **3.5. Herramientas de la Investigación**

Se tiene como herramientas de la investigación:

- Registros de tiempos de operabilidad de la grúa.
- Registros de mantenimiento predictivo.
- Registros de mantenimiento correctivo.
- Registros de horas máquinas.
- Registros de equipo por fuera de servicio.

Estos registros vienen a formar la base de datos del ERP SAP. Para este proceso se requiere una constante retroalimentación y evaluación de todos los datos obtenidos. Asimismo, todas estas bases de datos de los registros indicados se introducen a la herramienta informática ICDM-2013 (curso indicadores confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad-ASME), la cual contiene todas las fórmulas de distribución.

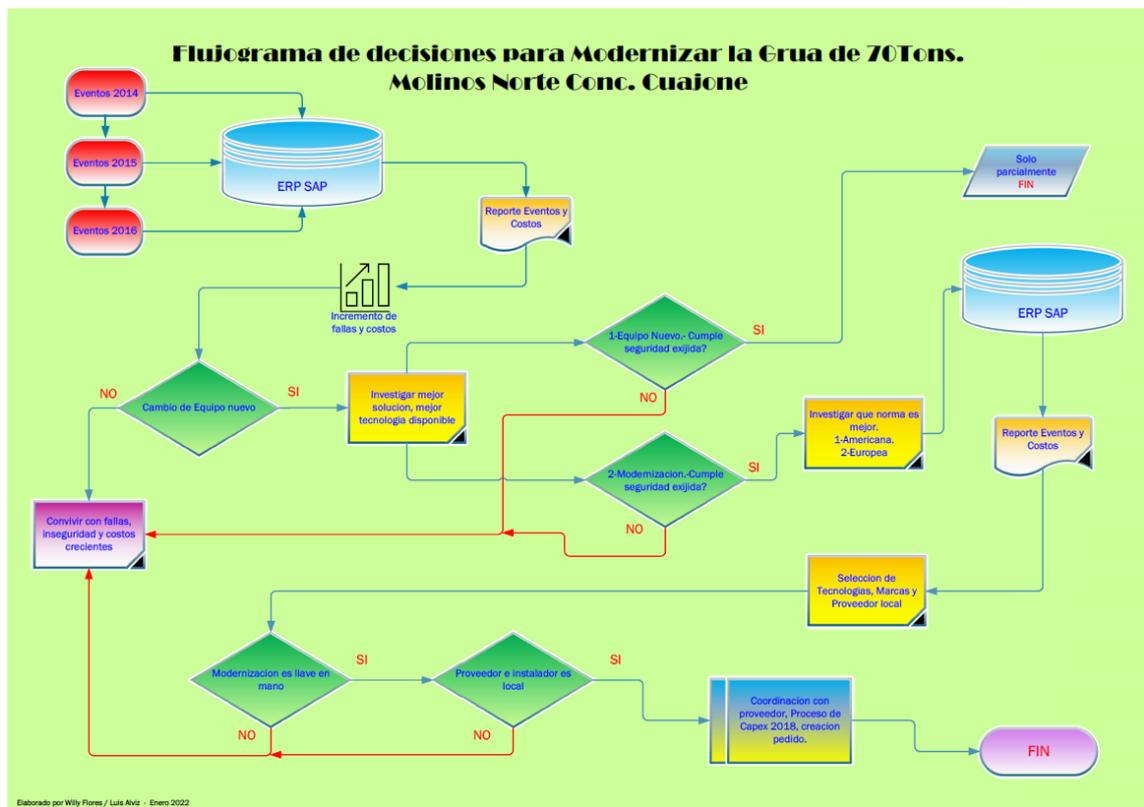
### **3.6. Herramientas Matemáticas de la Investigación**

Se utilizaron las siguientes distribuciones como modelo de duración de equipos:

- a. *Distribución exponencial*. Tasa de fallos constante, mide el intervalo del ciclo de vida de la grúa. Fórmulas en el punto 2.12.2. de la tesis.
- b. *Distribución log-normal*. Fatiga de componentes, importante en la valoración de sistemas con reparaciones en la grúa. Fórmulas en el punto 2.12.4. de la tesis.

- c. *Distribución gamma*. Modelos paramétricos que más se usan para analizar los tiempos de reparación de la grúa. Fórmulas en el punto 2.12.5. de la tesis.
- d. *Distribución weibull*. Probabilidad de fallo que varía con el tiempo, a medida que envejecen los componentes de la grúa. Fórmulas en el punto 2.12.3. de la tesis.

### 3.7. Procedimiento de la Elaboración de la Investigación



**Figura 42:** *Flujograma de decisión de la modernización. Fuente: Elaboración propia.*

- i. La grúa puente después de operar por aproximadamente 42 años presentaba fallas cada vez más repetitivas y frecuentes, llegando a un punto en el que empezó a ser insegura, poco confiable e ineficiente, es así como con la ayuda del ERP (SAP-PM), se realizó un ACR (Análisis de Causa Raíz). Se obtiene como resultado la posibilidad de una modernización general, tanto de la parte eléctrica como mecánica.
- ii. Después de que se realizó el ACR se llegó a la conclusión de que la grúa ya había

llegado al “término de vida útil”, el equipo dejó de ser mantenible por temas de la obsolescencia de sus componentes y dispositivos, muchos de estos repuestos tenían que ser adaptados y fabricados de forma manual, por la inexistencia de los fabricantes ingleses originales.

- iii. Las fallas iban en aumento, incrementándose el tiempo y los costos de reparación, se decide en el 2016 el inicio de un proceso CAPEX, luego de las reuniones con las jefaturas de Mantenimiento y Superintendencia, se solicitó a Planeamiento Mantenimiento Concentradora una rigurosa selección del equipo o alternativa propuesta a ser considerada, se procede a investigar la mejor solución, normas y tecnología disponible como se muestra en el diagrama de flujo líneas arriba.
- iv. Después de la evaluación se opta por una modernización considerando como factores determinantes la confiabilidad y riesgo involucrados; ante la ausencia de una norma peruana sobre el tema se decide utilizar la norma CMAA- 70 de origen americano. El historial de eventos y costos obtenidos con el ERP SAP-PM nos indican que las grúas de origen estadounidense tienen mejor desempeño en confiabilidad, mantenimiento y reparación.
- v. Al seleccionar la norma CMAA 70 que es un estándar elaborado por la CMAA (Crane Manufacturers Association of America), esta es usada por compradores y usuarios de grúas; se invitó a tres proveedores que fueron 1) Konecranes del Perú, 2) Kaverit de Chile y 3) Movitecnica del Perú.
- vi. Solo se recibió las propuestas de Konecranes y Movitecnica, ambas especificando el estándar seleccionado; se determinó la marca EMH por cumplir al 100 % los requerimientos de la norma seleccionada.

- vii. Se determinó la opción “llave en mano” para que el proveedor local proporcione todos los recursos humanos y logísticos, así mismo todos los componentes eléctricos y mecánicos a ser utilizados tendrían que ser fabricados en Estados Unidos.
- viii. La especificación clase “D” seleccionada de la norma CMAA 70 cumple las exigencias de esta modernización que incluye suministro, desmontaje, montaje, pruebas dinámicas con carga y ajustes finales. En el año 2017 se solicita vía CAPEX este requerimiento.
- ix. Se contestaron las 10 preguntas de la guía del comprador CMAA-70-2008, se exigió el programa de actividades en Project (Diagrama Gantt) con fechas de inicio y término integral, de todo el proyecto. Se revisó este en dos oportunidades, quedando con una revisión finalmente de alrededor de 50 días.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información**

Los siguientes gráficos fueron obtenidos con la herramienta informática ICD-2013, la cual contiene dentro de sus fórmulas todas las distribuciones consideradas en la presente tesis. La base de datos para estos cálculos, fueron obtenidos mediante los registros extraídos del ERP SAP PM (Módulo de Mantenimiento de SAP).

##### **4.1.1. Resultados de Confiabilidad**

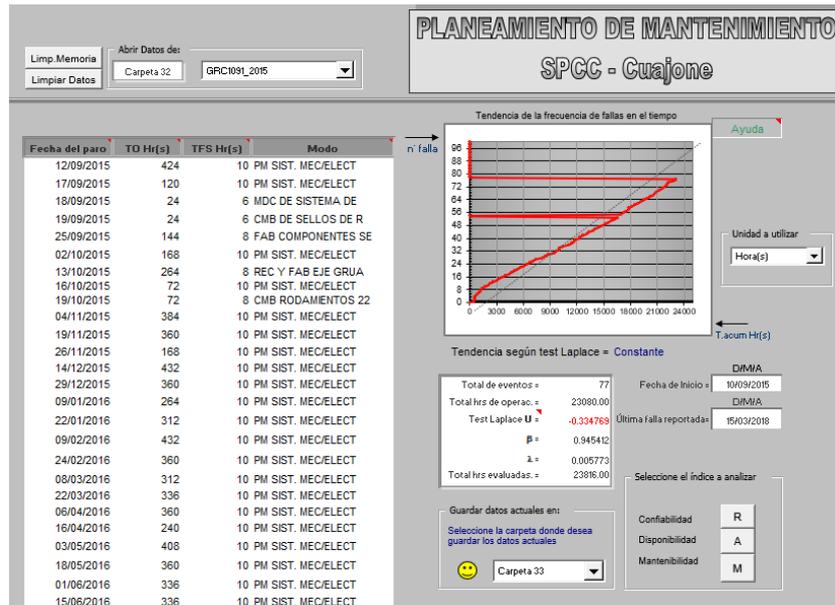
La siguiente tabla son los resultados “antes” de la modernización, (encabezado fondo verde) obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 24 y 72 horas, en el periodo correspondiente a los años 2015 hasta el 2018. Los resultados “después” de la modernización, (encabezado fondo celeste) obtenidos a un tiempo de operación de la Grúa a 24 y 72 horas, en el periodo correspondiente a los años 2019 hasta el 2022.

**Tabla 24:** Resultados confiabilidad pre-post modernización

Resultados de confiabilidad-modernización				
Parámetro	Periodo 2015-2018 (antes)		Periodo 2019-2022 (después)	
	A 24 horas	A 72 horas	A 24 horas	A 72 horas
<b>t hr (s)</b> Tiempo de muestra	24	72	24	72
<b>R(t) [ %]</b> Confiabilidad	92.31 %	78.65 %	99.92 %	95.60 %
<b>TPOp hr (s)</b> tiempo promedio operativo	299.7	299.74	350.6	350.6
<b>Tipo de distribución</b>	Dist. exponencial	Dist. exponencial	Dist. lognormal	Dist. lognormal

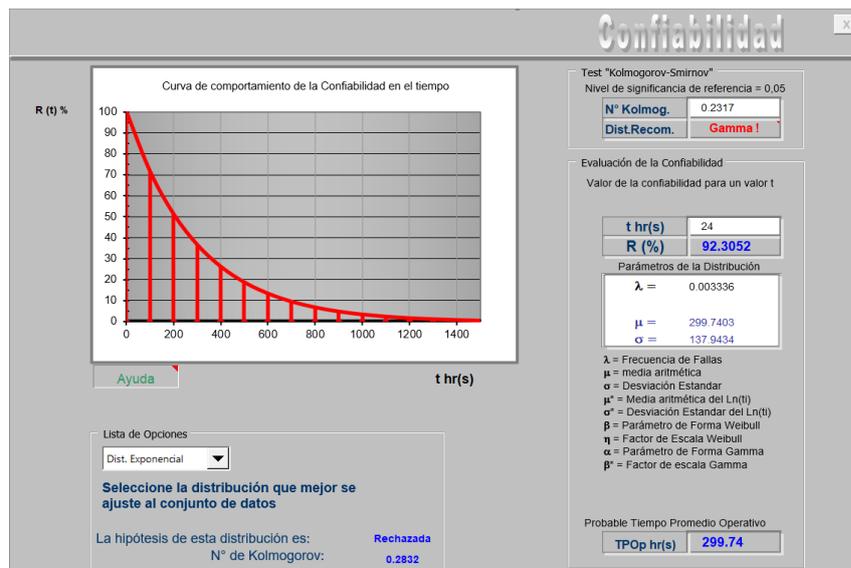
Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura es el resultado “antes” de la modernización, obtenido a un tiempo de operación de la grúa a 24 horas, en el periodo correspondiente entre los años 2015 hasta el 2018. Esta contiene 4 columnas con **Fecha del paro** que es el día en la que se toma la muestra, **TO Hr(s)** que es el tiempo transcurrido de operación, **TFS Hr(s)** que es el tiempo de duración de la falla / mantenimiento, **modo** que es la descripción del evento registrado.



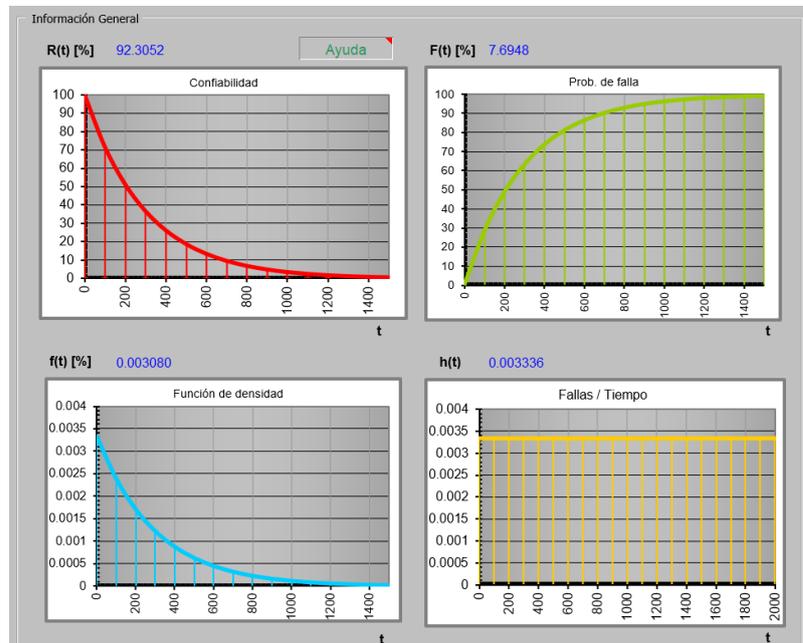
**Figura 43:** Base de datos obtenida de SAP y tendencia de fallas 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

La siguiente figura es la curva de confiabilidad en el eje de las X está el valor  $R(t)$  % que empieza con un valor de 100 (máxima confiabilidad), en el eje de las Y está el valor  $t$  hr(s), que es el tiempo transcurrido desde cero hasta 1400 horas.



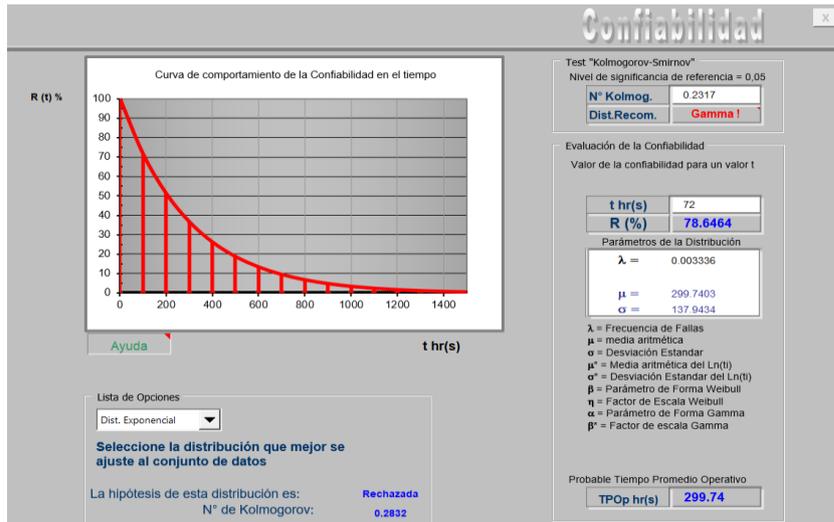
**Figura 44:** Confiabilidad a 24 horas, periodo 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

La siguiente figura indica 4 curvas que son **confiabilidad**  $r(t)$  %, **probabilidad de falla**  $f(t)$  %, **función de densidad**  $f(t)$  %, **fallas/tiempo**  $h(t)$ . Que es el resultado a un periodo de 24 horas entre los años 2015 y 2018.

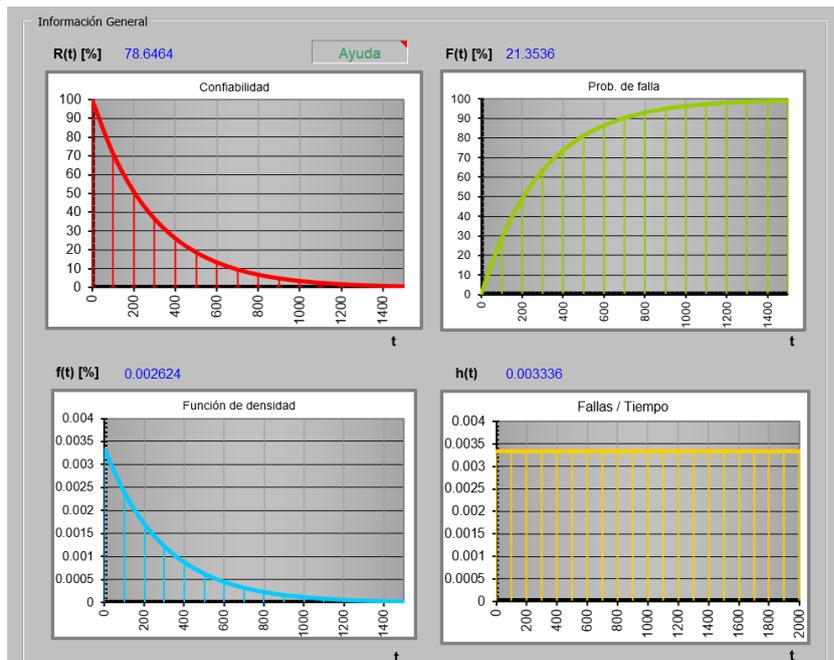


**Figura 45:** Gráficos de función distribución exponencial, 24 horas 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes figuras son los resultados “antes” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 72 horas, en el periodo correspondiente a los años 2015 hasta el 2018. (Se mantienen todas las descripciones anteriormente mencionadas para el resto de las figuras).



**Figura 46:** Confiabilidad a 72 horas, periodo 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 47:** Gráficos de Función Distribución Exponencial, 72 horas 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes gráficos son los resultados “después” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 24 horas, en el periodo correspondiente a los años 2019 hasta el 2022.

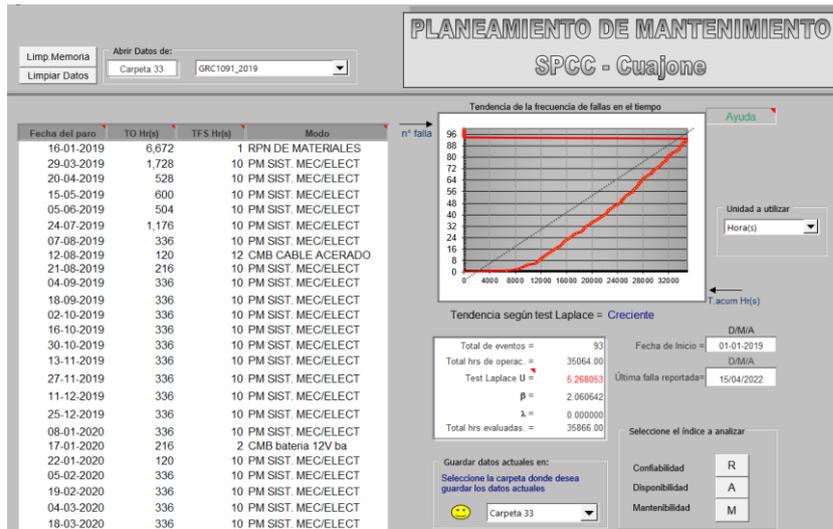


Figura 48: Base de datos obtenida de SAP y tendencia de fallas 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.

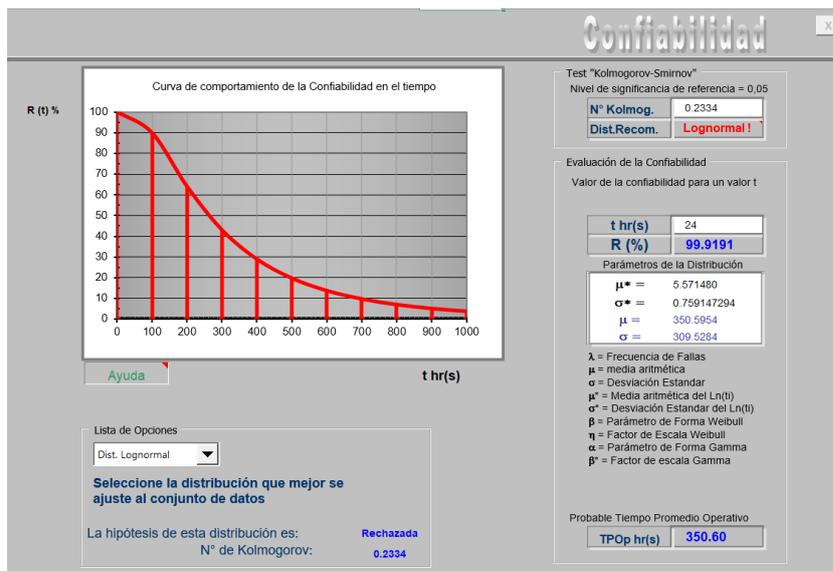
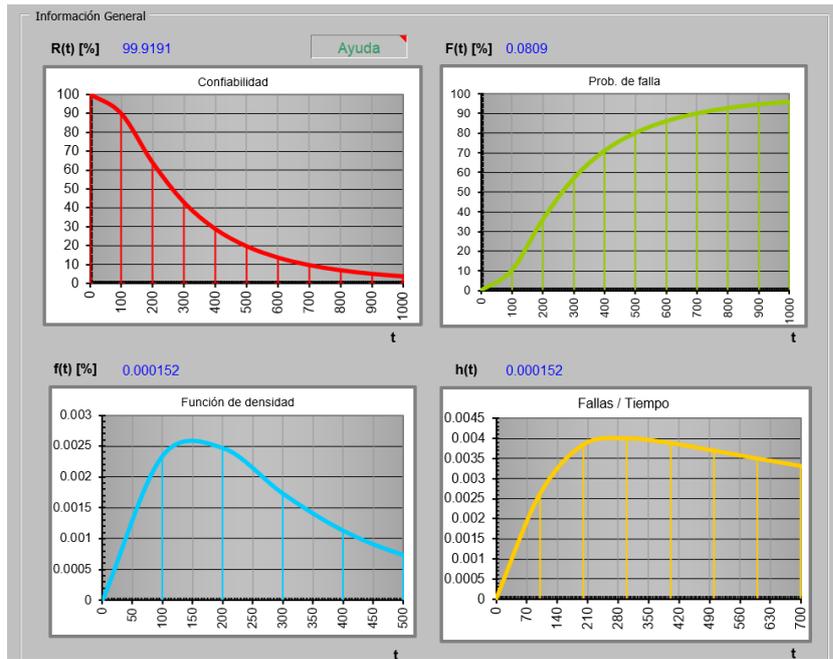
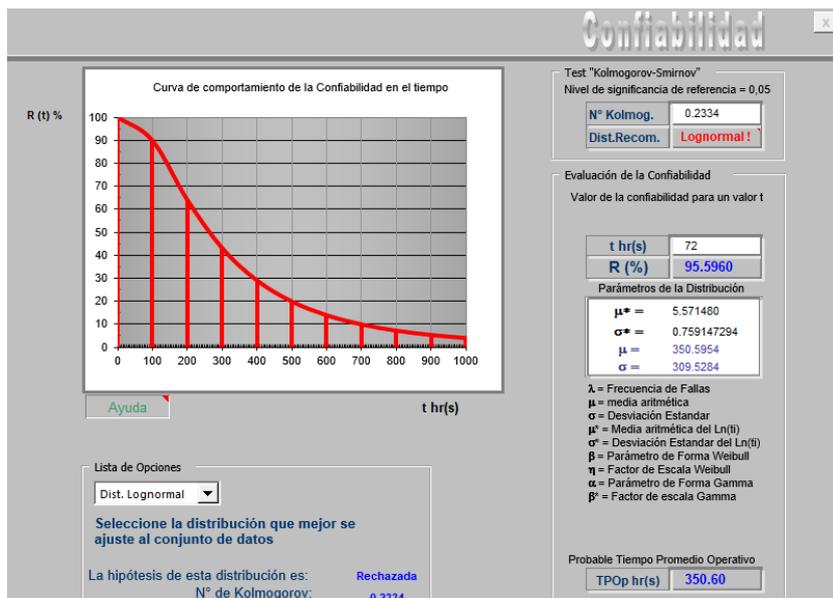


Figura 49: Confiabilidad a 24 horas, periodo 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.

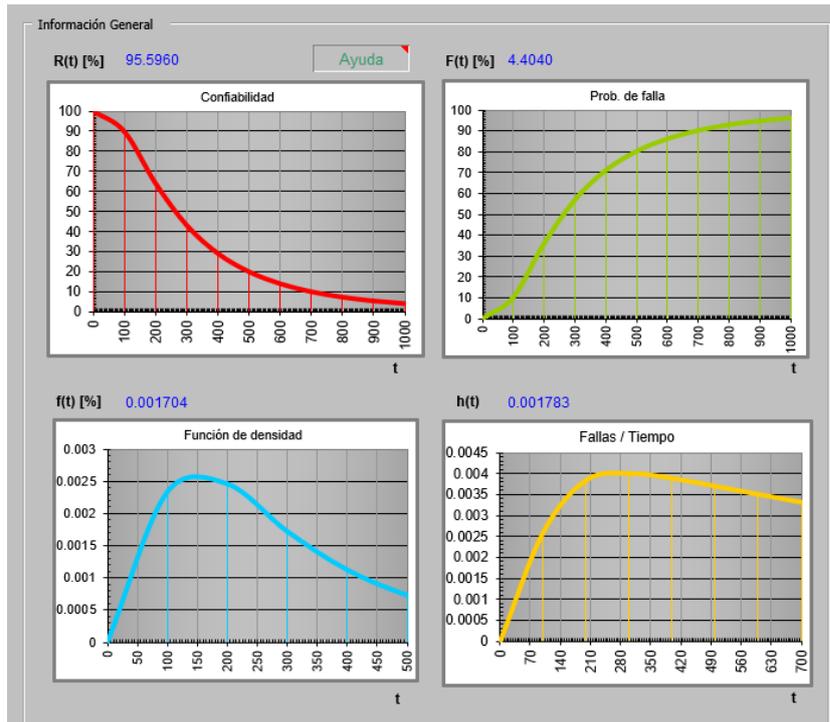


**Figura 50:** Gráficos de función distribución LogNormal, 24 horas 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes gráficos son los resultados “después” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 72 horas, en el periodo correspondiente a los años 2019 hasta el 2022.



**Figura 51:** Confiabilidad a 72 horas, periodo 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 52:** Gráficos de función distribución LogNormal, 72 horas 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Resultados de Riesgo

**Tabla 25:** Resultados riesgo pre-post modernización

Resultados de riesgo-modernización				
Parámetro	Periodo 2015-2018 (antes)		Periodo 2019-2022 (después)	
	A 24 horas	A 72 horas	A 24 horas	A 72 horas
<b>Tipo de distribución</b>	Dist. Exponencial	Dist. Exponencial	Dist. LogNormal	Dist. LogNormal
<b>F (t) [%]</b> Probabilidad de Falla	7.69 %	21.35 %	0.08 %	4.40 %
<b>f (t) [%]</b> Función de Densidad	0.00308 %	0.002624 %	0.000152 %	0.001704 %
<b>h (t)</b> Fallas / Tiempo	0.003336	0.003336	0.000152	0.001783

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Resultados de mantenibilidad

**Tabla 26:** Resultados mantenibilidad pre-post modernización

<b>Resultados de mantenibilidad-modernización</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Periodo 2015-2018 (antes)</b>		<b>Periodo 2019-2022 (después)</b>	
	<b>A 24 horas</b>	<b>A 72 horas</b>	<b>A 24 horas</b>	<b>A 72 horas</b>
<b>M %</b> Mantenibilidad	91.88 %	99.95 %	95.67 %	99.98 %
<b>TPFSp hr (s)</b> Tiempo Promedio fuera de servicio probable	9.56	9.56	9.4	8.62
<b>Tipo de distribución</b>	Dist. Exponencial	Dist. Exponencial	Dist. Exponencial	Dist. Exponencial
<b>t1 hr (s)</b> Análisis de mantenibilidad 1	2	2	2	2
<b>t2 hr (s)</b> Análisis de mantenibilidad 2	3	3	3	3
<b>Ms (%)</b> Probabilidad de equipo en operación	9.93 %	9.93 %	6.64 %	10.95 %
<b>l</b> Frecuencia	0.10462	0.10462	0.11596	0.11596
<b>m</b> Media Aritmética	9.558442	9.558442	8.623656	8.623656
<b>s</b> Desviación Estándar	1.728199	1.728199	3.189364	3.189364

Fuente: Elaboración propia

Los siguientes gráficos son los resultados “antes” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 24 horas, en el periodo correspondiente a los años 2015 hasta el 2018.

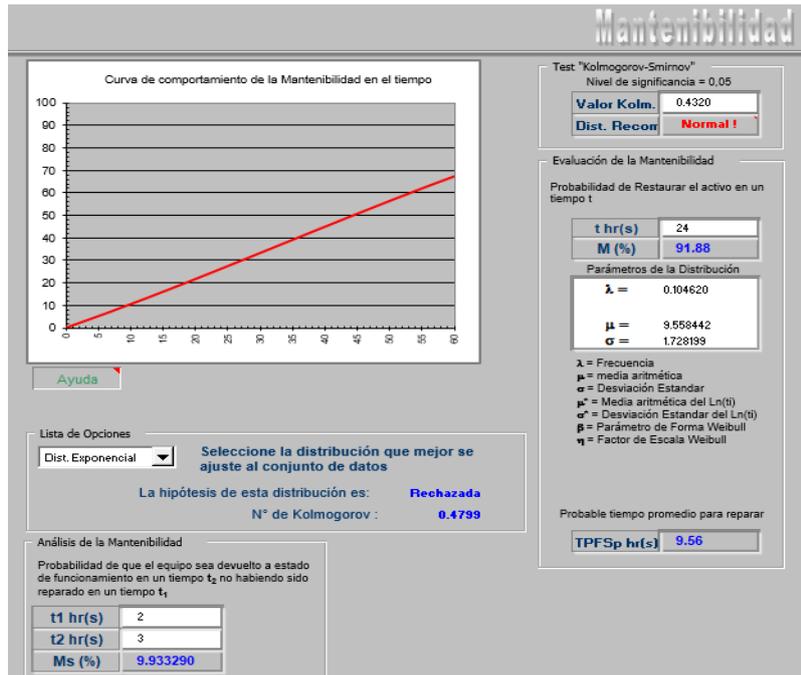


Figura 53: Mantenibilidad a 24 horas, periodo 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes gráficos son los resultados “antes” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 72 horas, en el periodo correspondiente a los años 2015 hasta el 2018.

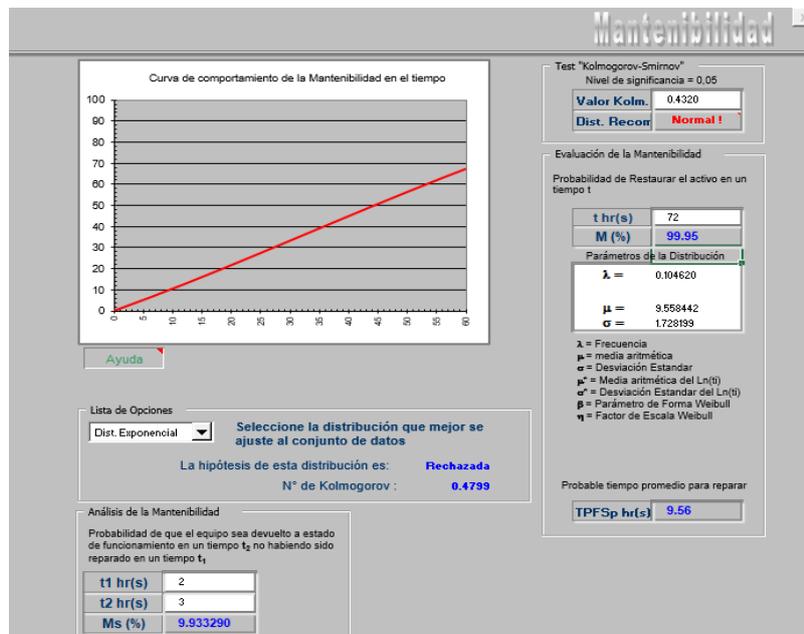


Figura 54: Mantenibilidad a 72 horas, periodo 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes gráficos son los resultados “antes” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 24 horas, en el periodo correspondiente a los años 2019 hasta el 2022.

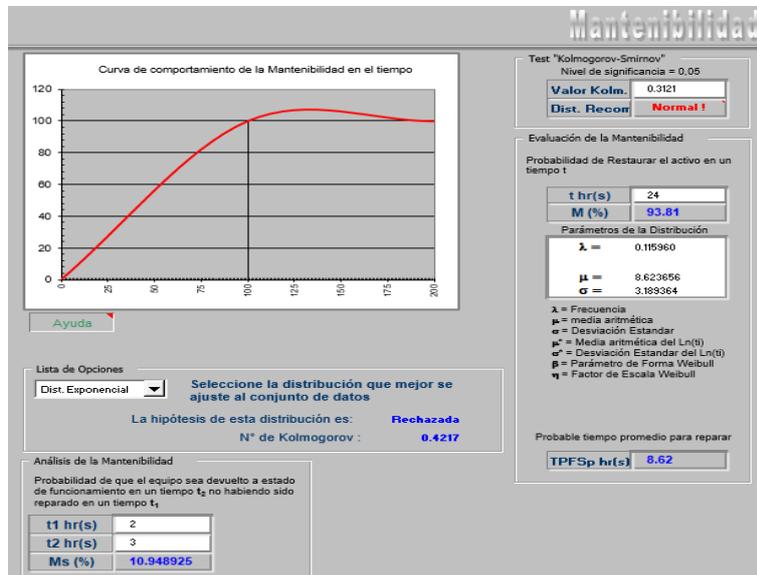


Figura 55: Mantenibilidad a 24 horas, periodo 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes gráficos son los resultados “antes” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 72 horas, en el periodo correspondiente a los años 2019 hasta el 2022.

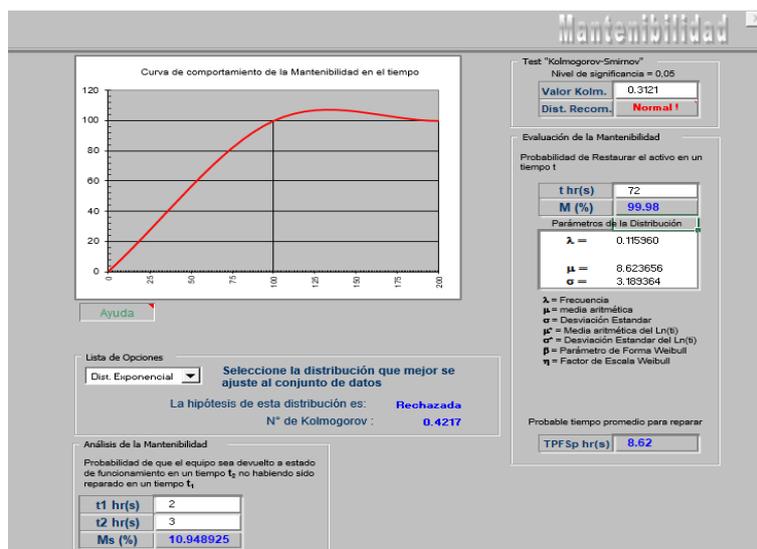


Figura 56: Mantenibilidad a 72 horas, periodo 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4. Resultados de Disponibilidad

**Tabla 27:** Resultados disponibilidad pre-post modernización

Resultados de disponibilidad-modernización				
Parámetro	Periodo 2015-2018 (antes)		Periodo 2019-2022 (después)	
	A 24 horas	A 72 horas	A 24 horas	A 72 horas
A (%) Disponibilidad	96.91 %	96.91 %	97.76 %	97.76 %
A probable (%) Disponibilidad Probable	98.07 %	98.07 %	95.03 %	95.03 %
TPO (h) Tiempo promedio operativo	299.74	299.74	377.032	377.032
TPFS (h) Tiempo promedio fuera de servicio	9.558	9.558	8.624	8.624
TPEF (h) Tiempo promedio entre fallas	309.299	309.299	385.656	385.656
TTO (h) Tiempo total operativo (horas)	23,080	23,080	35,064	35,064
TTFS (h) Tiempo total fuera de servicio	736	736	802	802
TPO probable (h) tiempo promedio operativo probable	520.436	520.436	336.209	336.209
TPFS probable (h) Tiempo promedio fuera de servicio probable	10.244	10.244	17.599	17.599
Tipo de distribución	Dist. Weibull	Dist. Weibull	Dist. Weibull	Dist. Weibull

Fuente: Elaboración propia

Los siguientes gráficos son los resultados “antes” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 24 horas, en el periodo correspondiente a los años 2015 hasta

el 2018.

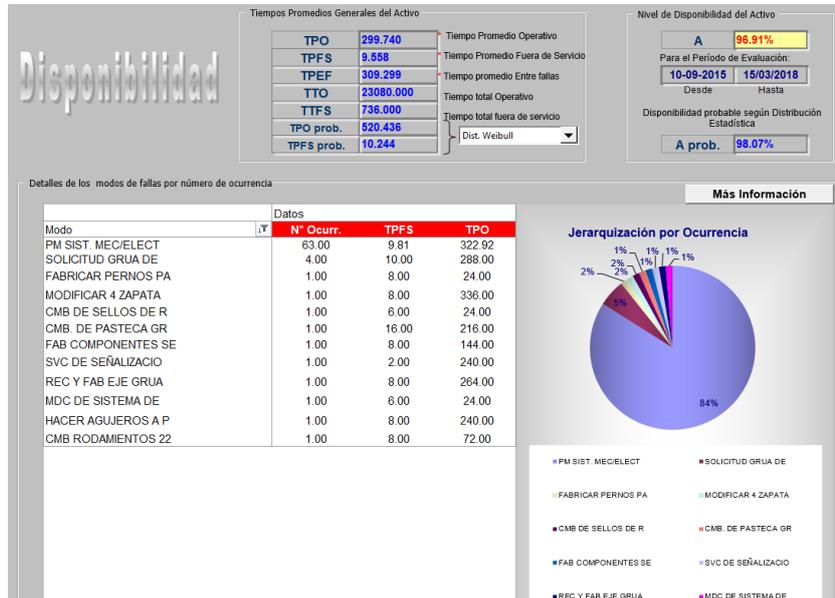


Figura 57: Disponibilidad a 24 horas, periodo 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

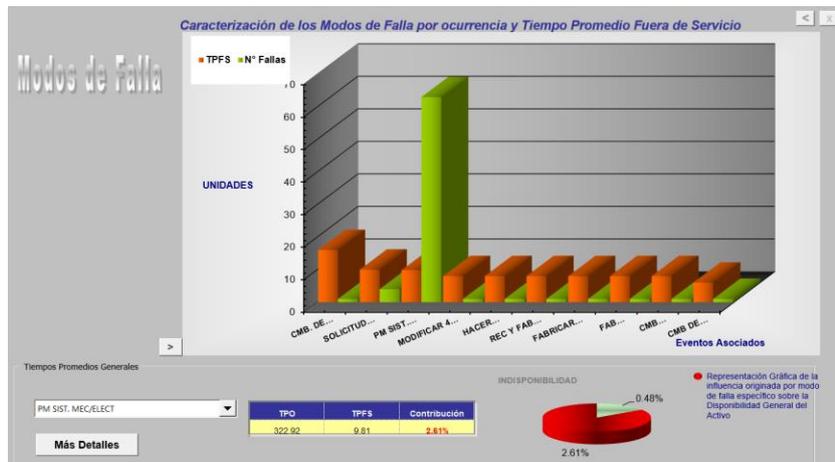


Figura 58: Modos de falla (disponibilidad) a 24 horas, periodo 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes gráficos son los resultados “antes” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 72 horas, en el periodo correspondiente a los años 2015 hasta el 2018.

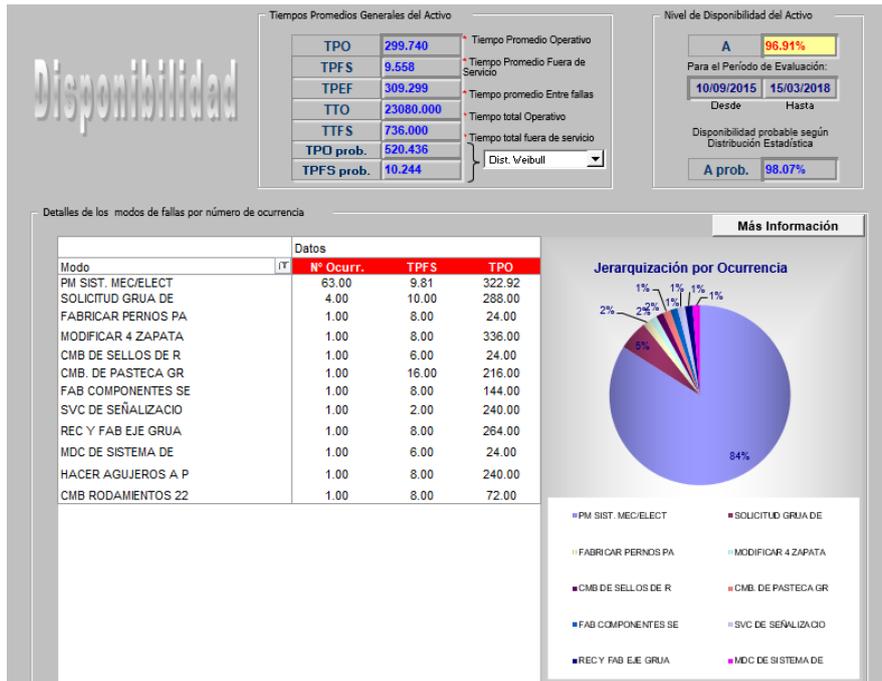


Figura 59: Disponibilidad a 72 horas, periodo 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

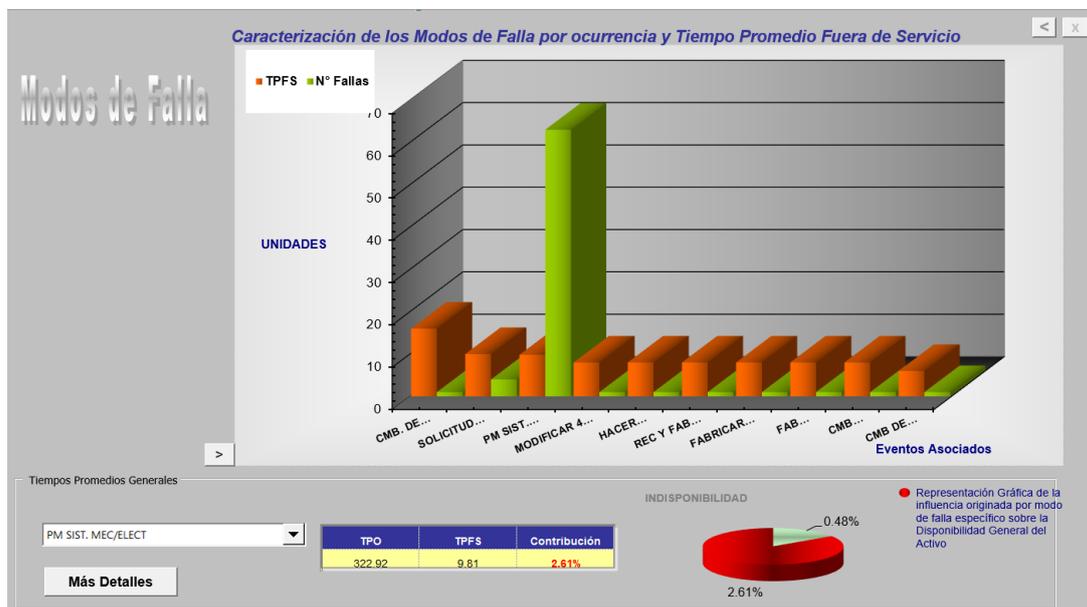


Figura 60: Modos de falla (disponibilidad) a 72 horas, periodo 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes gráficos son los resultados “después” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 24 horas, en el periodo correspondiente a los años 2019 hasta el 2022.

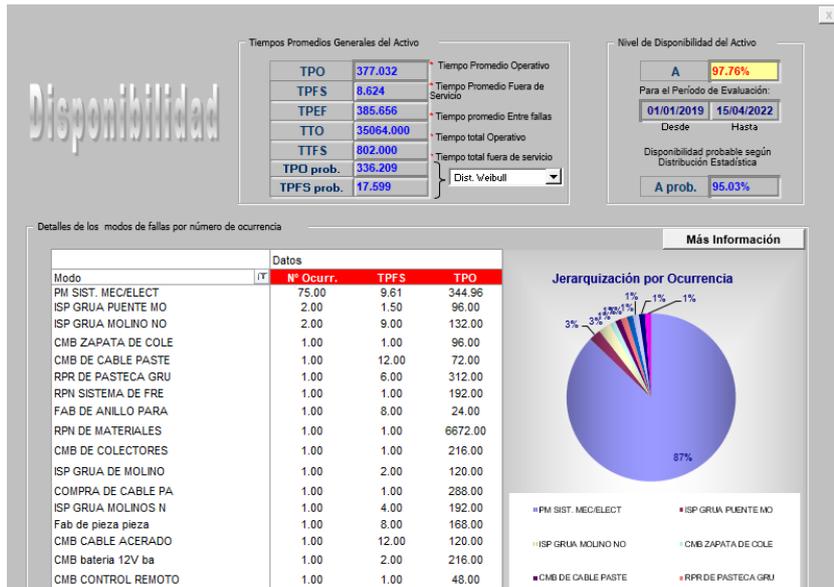


Figura 61: Disponibilidad a 24 horas, periodo 2019-2022 Fuente: Elaboración propia.



Figura 62: Modos de falla (disponibilidad) a 24 horas, periodo 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes gráficos son los resultados “después” de la modernización, obtenidos a un tiempo de operación de la grúa a 72 horas, en el periodo correspondiente a los años 2019 hasta el 2022.

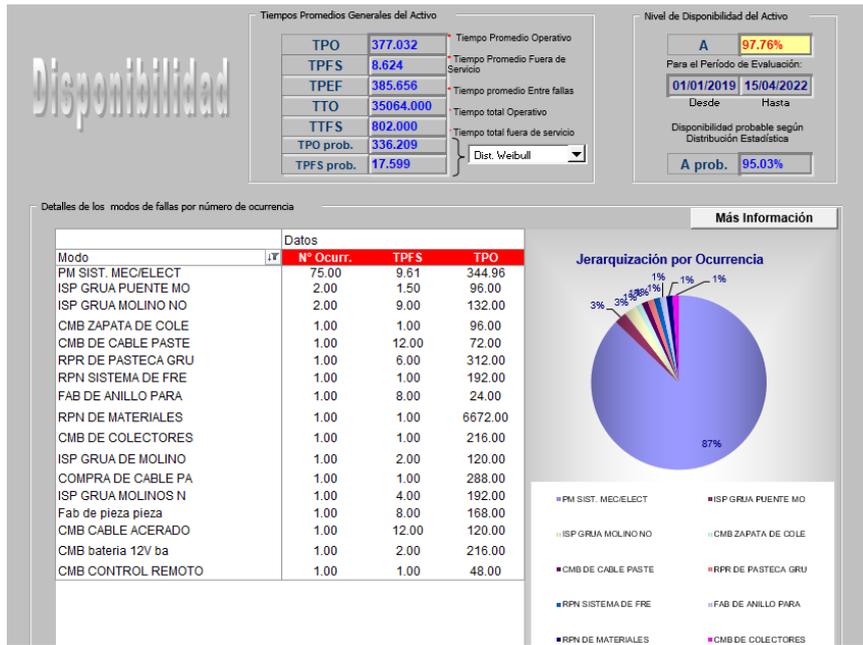


Figura 63: Disponibilidad a 72 horas, periodo 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.

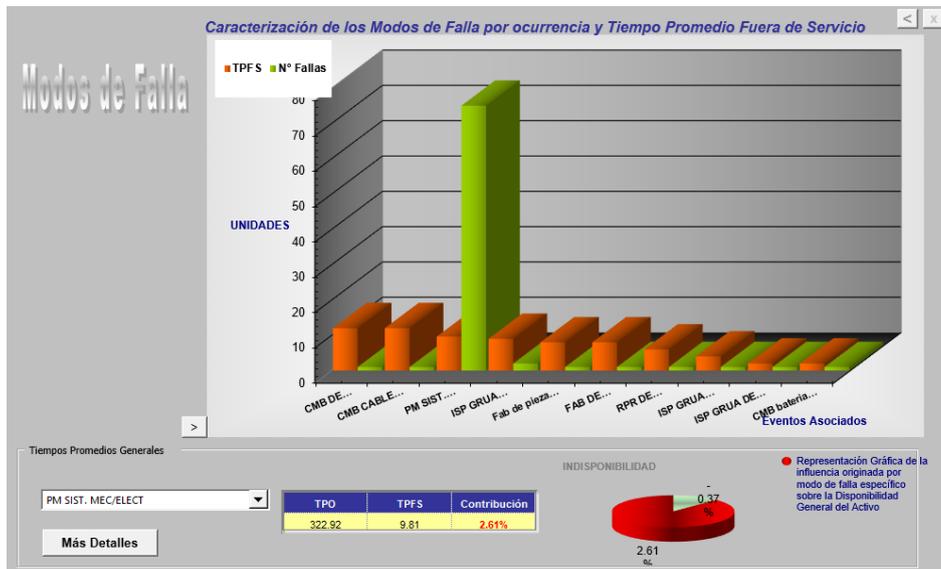
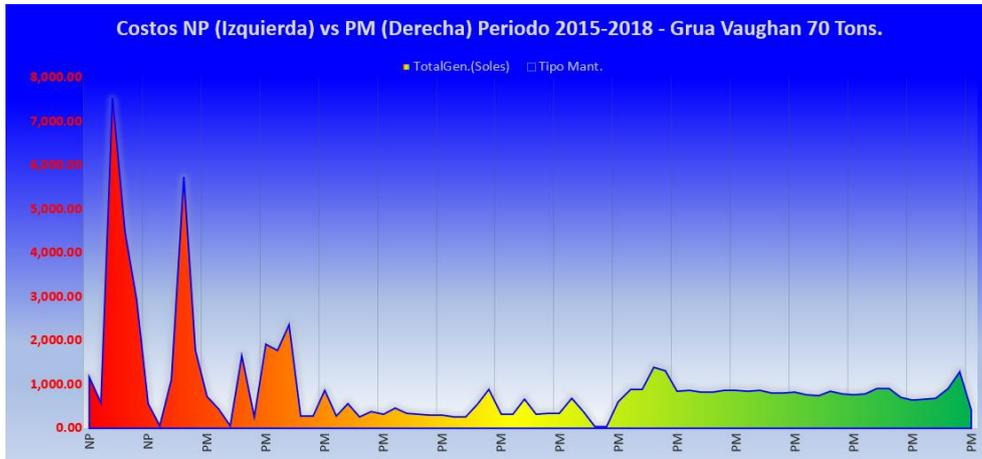
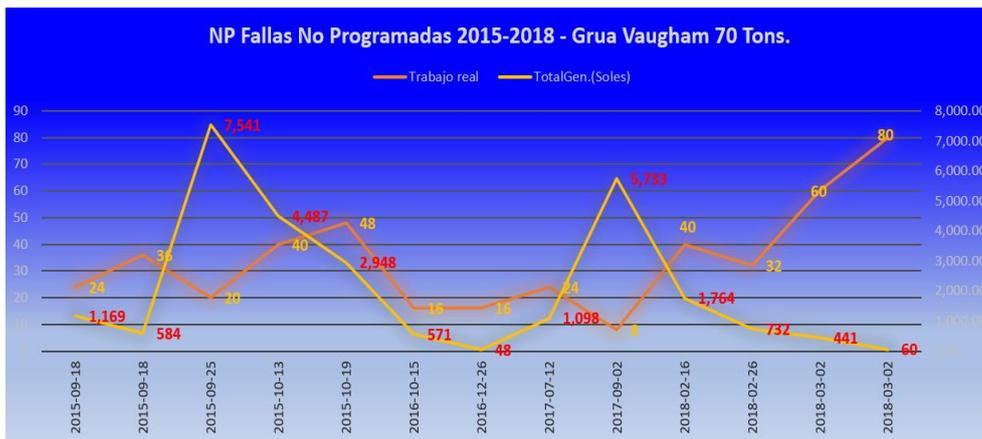


Figura 64: Modos de falla (disponibilidad) a 72 horas, periodo 2019-2022. Fuente: Elaboración propia.

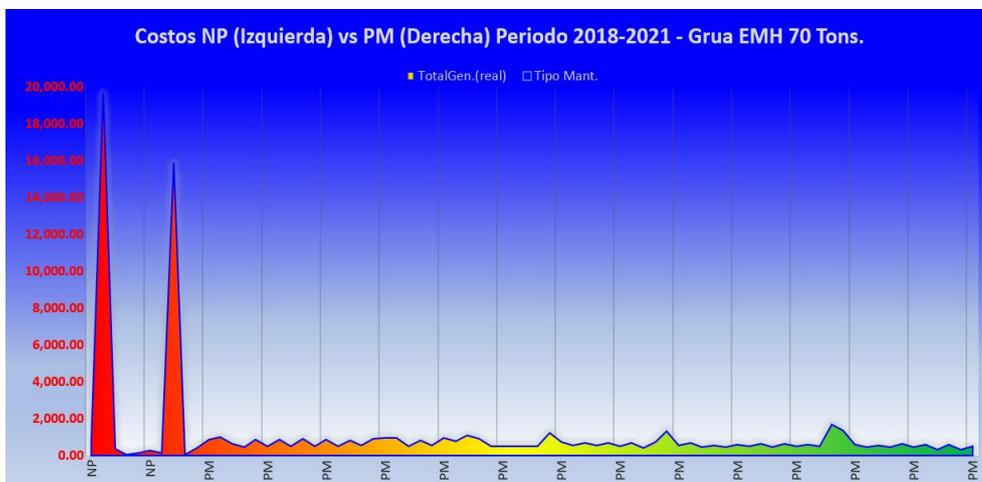
#### 4.1.5. Resultados de “ciclo de vida”



**Figura 65:** Costos no programados (NP) vs programados (PM) 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 66:** Trabajo real no programados (NP) vs Costo total general 2015-2018. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 67:** Costos no programados (NP) vs programados (PM) 2018-2021. Fuente: Elaboración propia.

propia.

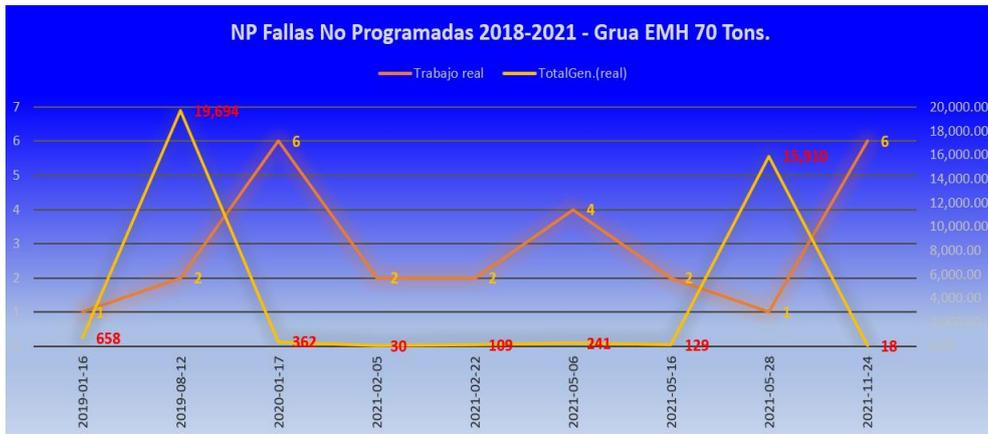


Figura 68: Trabajo Real No Programados (NP) vs Costo total General 2018-2021. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Resultados taxonomía ISO 14224 grúa puente Molinos GRC1091

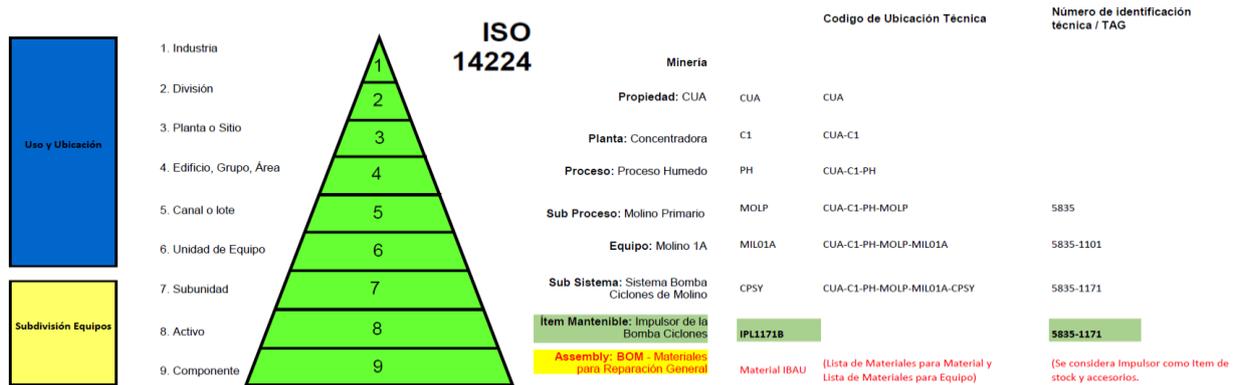


Figura 69: Clasificación y niveles taxonómicos. Fuente: Elaboración propia.

Una adecuada taxonomía es el resultado de una estructura prestablecida entre la misma organización de mantenimiento, en este caso se utiliza la norma ISO 14224 como la base más acorde con operaciones mineras de gran envergadura.

Asimismo, todos los indicadores planteados en esta tesis no se podrían demostrar si en la estructura de esta grúa no se hubiese considerado todos los niveles de ubicaciones técnicas y equipos. Los resultados que se presentan a continuación han sido extraídos de toda la Base de datos montada dentro del Módulo SAP-PM.

#### 4.2.1. Datos Maestros ISO 14224 Grúa Molinos 70 Tn.

**Visualizar ubicación técnica: Datos maestros**

Resumen clases PtosMedida/Contador Origen de datos

Ubic.téc. CUA-C1-PH-MOLP-HOI091 Tipo X AMC-Niveles c/campos oblig

Denominación GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA D N.

Status CREA

General Emplazamiento Organización Estructura

**Datos generales**

Clase

Tp.objeto

Grupo autoriz.

**Datos de aprovisionamiento**

Valor adquis. 649,000.00 USD Fecha adquis. 01.08.2017

**Datos de fabricación**

Fabricante EMH País productor US

Denomin.tipo V35/35TON Año/Mes const. 2017 / 06

NºPieza fabric. 5835-1091

Fabr. Nº-serie 175103

Figura 70: Denominación y descripción-ubicación técnica. Fuente: Elaboración propia.

**Visualizar ubicación técnica: Datos maestros**

Resumen clases PtosMedida/Contador Origen de datos

Ubic.téc. CUA-C1-PH-MOLP-HOI091 Tipo X AMC-Niveles c/campos oblig

Denominación GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA D N.

Status CREA

General Emplazamiento Organización Estructura

**Datos de emplazamiento**

Ce.emplazam. CU01 PLANIFICACION MTTO CUAJONE

Emplazamiento CO CONCENTRADORA

Local ABR.2018

Área de empresa CON Concentradora

Puesto trabajo

Indicador ABC

Campo clasif. GRC1091

**Dirección**

Nombre Southern Peru Copper Corp.

Planta Concentradora Cuaajone

Calle Asiento Minero Cuaajone

Población 053 Torata - Moquegua PE 09

Teléfono 053-478111 Fax

Figura 71: Detalles de emplazamiento-ubicación técnica. Fuente: Elaboración propia.

**Visualizar ubicación técnica: Datos maestros**

Resumen clases PtosMedida/Contador Origen de datos

Ubic.téc. CUA-C1-PH-MOLP-HOI091 Tipo X AMC-Niveles c/campos oblig  
 Denominación GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA D N.  
 Status CREA

General Emplazamiento **Organización** Estructura

**Imputación**

Sociedad SP01 SOUTHERN PERU COPPER CO LIMA  
 División  
 Activo fijo /  
 Centro coste 111120801 / AMCO MOLIENDA Y CLASIFICA  
 Elemento PEP  
 OrdenPermanente  
 Ord.liquidación

**Responsabilidades**

Centro planif. SPCC Southern Peru  
 Grupo planif.  
 Pto.tbjo.resp. /  
 Perfil catálogo

Figura 72: Organización y cuenta-ubicación técnica. Fuente: Elaboración propia.

**Visualizar ubicación técnica: Datos maestros**

Resumen clases PtosMedida/Contador Origen de datos

Ubic.téc. CUA-C1-PH-MOLP-HOI091 Tipo X AMC-Niveles c/campos oblig  
 Denominación GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA D N.  
 Status CREA

General Emplazamiento Organización **Estructura**

**Estructuración**

Ind.estructura 14224 Americas Mining Corporation ISO14224  
 Ubic.téc.sup. CUA-C1-PH-MOLP  
 Denominación 5835 - AREA DE MOLINOS PRIMARIOS  
 Posición 0095  
 Ubic. de ref.  
 Denominación  
 Datos montaje  Montaje permitido  Montaje individual  
 Tipo de montaje

**Equipos**

Pos.	Equipo	SubEq	Denominación	Categ.equipo	Fabricante	Det
		<input type="checkbox"/>				

Figura 73: Estructura de ubicación técnica. Fuente: Elaboración propia.

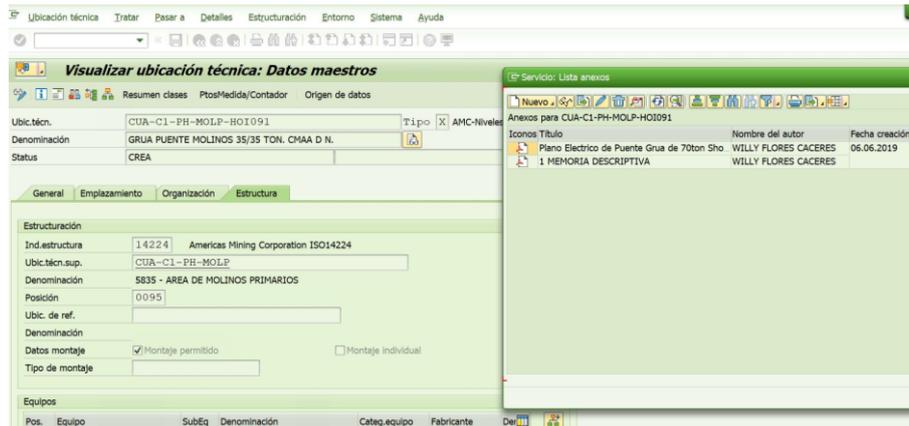


Figura 74: Plano y memoria descriptiva-ubicación técnica. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2. Estructura de ubicaciones y equipos ISO 14224 Grúa 70 T.

**Estructura ISO 14224 - Grúa # 1091**

Ubic. técn. CUA-C1-PH-MOLP-HOI091    Válida de 11.06.22

Denominación GRUA PUNTE MOLINOS 35/35 TON. CHAA D N.

Objeto	Denominación	Categ. equipo	Fabricante	De	Para	
CUA-C1-PH-MOLP-HOI091	GRUA PUNTE MOLINOS 35/35 TON. CHAA D N. ENH	GR1091	5835-1091	0095		
CUA-C1-PH-MOLP-HOI091-E001	SISTEMA ELECTRICO PANEL PUNTE BIRRIEL ENH		5835-1091	0098		
PH-MOI091-01	MAIN CIRCUIT BREAKER 200A/10kV	GR1091-E	BM250JDA-10200	0001	26.11.2021	
PH-MOI091-02	VARIABLE VELOCIDAD BRIDGE MOTORS VFD1	GR1091-E	MICRO-SPEED CX	0002	04.10.2021	
PH-MOI091-03	MANCO DE RESISTENCIAS VFD BRIDGE	GR1091-E	R3044F	0003	26.11.2021	
PH-MOI091-04	TRANSFORMADOR TIPO SIEMENS 440-220VAC/10kV	GR1091-E	CI1000EEB	0004	26.11.2021	
PH-MOI091-05	PUNTE ALIMEN. ELEC 100-240VAC/24VDC/1A	GR1091-E	CO-00AC	0005	21.10.2021	
PH-MOI091-06	PLC CPU 8 VAC INPUT / 6 RELAYS OUTPUT	GR1091-E	CO-00AB-D	0006	21.10.2021	
PH-MOI091-07	MODULO DE RELE PLC INPUT 1/1	GR1091-E	CO-00BA	0007	21.10.2021	
PH-MOI091-08	MODULO DE RELE PLC INPUT 1/2	GR1091-E	CO-00BA	0008	21.10.2021	
PH-MOI091-09	MODULO DE RELE PLC INPUT 1/3	GR1091-E	CO-00BA	0009	21.10.2021	
PH-MOI091-10	MODULO DE RELE PLC OUTPUT 0/1	GR1091-E	CO-00EB	0010	21.10.2021	
PH-MOI091-11	MODULO DE RELE PLC OUTPUT 0/2	GR1091-E	CO-00EB	0011	21.10.2021	
PH-MOI091-12	PUNTE ALIM. SENTINEL 100-240VAC/12VDC 5A	GR1091-E	FB812-060	0012	22.10.2021	
PH-MOI091-13	RELE LIMITADOR DE CARGA - ENH SENTINEL	GR1091-E	I-C4C HARTER	0013	22.10.2021	
PH-MOI091-14	LIMIT SWITCH BRIDGE LONG TRAVEL	GR1091-E	XCM98401829	0014	29.11.2021	
PH-MOI091-15	PHOTOELECTR. SENSOR ANTICOLISION BRIDGE	GR1091-E	42MPS-5000 SER B	0015	26.11.2021	
PH-MOI091-16	RELE DE CONTROL NOTIFICACION	GR1091-E	RMS35F90	0016	26.11.2021	
PH-MOI091-17	INDUSTRIAL SINGLE BOARD COMPUTER	GR1091-E	TS-7970	0017	26.11.2021	
CUA-C1-PH-MOLP-HOI091-E001-DRM1A	MOTOR E. BRIDGE DRIVE M1A-X61 LONG TRAV. NORD			5835-1091	0098	
PH-MOI091-18	MOTOR E. 7.5HP 1735RPM 230/460V 50/60HZ/4 B CC-2020		202042452-400	NORD	0002	24.06.2021
PH-MOI091-19	FRENO ELECTROMAGNETICO 60Nm/200VDC/0.25A B GR1091-E		FB817 / BR860	NORD	0002	26.11.2021
PH-MOI091-20	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC B GR1091-E		19141010	NORD	0003	27.11.2021

Figura 75: Sistema eléctrico panel N.º 1 puente birriel. Fuente: Elaboración propia.

**Estructura ISO 14224 - Grúa # 1091**

Ubic. técn. CUA-C1-PH-MOLP-HOI091    Válida de 11.06.22

Denominación GRUA PUNTE MOLINOS 35/35 TON. CHAA D N.

Objeto	Denominación	Categ. equipo	Fabricante	De	Para	
CUA-C1-PH-MOLP-HOI091-E001-DRM1B	MOTOR E. BRIDGE DRIVE M1B-X63 LONG TRAV. NORD			5835-1091	0098	
PH-MOI091-21	MOTOR E. 7.5HP 1735RPM 230/460V 50/60HZ/4 B CC-2021		202042452-400	NORD	0002	24.06.2021
PH-MOI091-22	FRENO ELECTROMAGNETICO 60Nm/200VDC/0.25A B GR1091-E		FB817 / BR860	NORD	0002	27.11.2021
PH-MOI091-23	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC B GR1091-E		19141010	NORD	0003	27.11.2021
CUA-C1-PH-MOLP-HOI091-E001-DRM1C	MOTOR E. BRIDGE DRIVE M1C-X62 LONG TRAV. NORD			5835-1091	0098	
PH-MOI091-24	MOTOR E. 7.5HP 1735RPM 230/460V 50/60HZ/4 B CC-3076		202042452-400	NORD	0002	07.10.2021
PH-MOI091-25	FRENO ELECTROMAGNETICO 60Nm/200VDC/0.25A B GR1091-E		FB817 / BR860	NORD	0002	27.11.2021
PH-MOI091-26	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC B GR1091-E		19141010	NORD	0003	27.11.2021
CUA-C1-PH-MOLP-HOI091-E001-DRM1D	MOTOR E. BRIDGE DRIVE M1D-X64 LONG TRAV. NORD			5835-1091	0098	
PH-MOI091-27	MOTOR E. 7.5HP 1735RPM 230/460V 50/60HZ/4 B CC-3076		202042452-400	NORD	0002	07.10.2021
PH-MOI091-28	FRENO ELECTROMAGNETICO 60Nm/200VDC/0.25A B GR1091-E		FB817 / BR860	NORD	0002	27.11.2021
PH-MOI091-29	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC B GR1091-E		19141010	NORD	0003	27.11.2021
CUA-C1-PH-MOLP-HOI091-E001-DRM1E	SISTEMA ELECT. PANEL ROSET "A" #1 OBSTE ENH			5835-1091	0098	
PH-MOI091-30	LIMIT SWITCH-LIMITADOR CARRERA TROLLEY A B GR1091-E		XCM98401829	TELEMECANIQUE	0001	29.11.2021
PH-MOI091-31	PUNTE ALIM. SENSOR 100-240VAC/24VDC/1A B GR1091-E		AB240MG4012	SCHNEIDER ELECTRIC	0002	22.10.2021
PH-MOI091-32	PHOTOELECTR. SENSOR ANTICOLISION A SUR B GR1091-E		XCM98401821	TELEMECANIQUE	0003	29.11.2021
PH-MOI091-33	PHOTOELEC. SENSOR ANTICOLISION A NORTE B GR1091-E		XCM98401821	TELEMECANIQUE	0004	29.11.2021
PH-MOI091-34	SEALDO OMS LIMIT SWITCH - MOTOR ROSET A B GR1091-E		191173/20	STROMAG GMBH	0005	29.11.2021
PH-MOI091-35	STOP SWITCH EMERGENCIA-LIMITADOR CARGA A B GR1091-E				0006	29.11.2021
PH-MOI091-36	TRANSMISOR DE SEÑAL-LIMITADOR DE CARGA A B GR1091-E		I-C4C	INCOBA SOLUTIONS	0007	29.11.2021
CUA-C1-PH-MOLP-HOI091-E001-FREED	ALIMEN. ELEC. TRANSFER. TIPO FESTON A					

Figura 76: Motores del puente M1B desplazamiento longitudinal. Fuente: Elaboración propia.

# Estructura ISO 14224 - Grúa # 1091



Objeto	Descripción	Material	Proveedor	Fecha	Estado
5835-1091	ALIMEN. ELEC. TRANSFER. TIPO FESTOON A				CGGR
5835-1091	CABLE PLANO FESTOON	B GRCI091-E	CONDUCTIX	0001	29.11.2021
5835-1091	1-BEAM S3484 - EJE	B GRCI091-E	CONDUCTIX	0002	29.11.2021
5835-1091	CARGOS PORTACABLE MOVIL I-BEAM S3484	B GRCI091-E	14120016	0003	29.11.2021
5835-1091	CARGOS PORTACABLE FIJO I-BEAM S3484	B GRCI091-E	14120018	0004	29.11.2021
5835-1091	CARGO PORTACABLE ARRASTRE I-BEAM S3484	B GRCI091-E	14120017	0005	29.11.2021
5835-1091	MOTOR E. HOIST DRIVE M4 LADO A OESTE	NORD			CGGR
5835-1091	MOTOR E. 40HP 1770RPM 460V S8200L4	B CC-2819	202042452-300	0001	24.06.2021
5835-1091	FRENO ELECT. 250Nm/205VDC/0.54A	B GRCI091-E	FBR24 / BRZ250	0002	29.11.2021
5835-1091	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC	B GRCI091-E	19141010	0003	29.11.2021
5835-1091	GEAR ENCODER MOTOR HOIST	B GRCI091-E	19651501	0004	29.11.2021
5835-1091	VARIADOR VELOC. HOIST MOTOR VFD2 LADO A	POWER ELECTRONICS			CGGR
5835-1091	VARIADOR VELOCIDAD HOIST MOTOR	B GRCI091-E	MICRO-SPEED MULTI-VECTOR		POWER ELECTRONICS
5835-1091	BANCO DE RESISTENCIAS VFD HOIST	B GRCI091-E	R4046RD	0002	29.11.2021
5835-1091	MOTOR E. TROLLEY DRIVE M4 LADO A OESTE	NORD			CGGR
5835-1091	MOTOR E. 1.5HP 1630RPM 230/460V S850L4	B CC-2816	202042452-200		NORD
5835-1091	FRENO ELECTROMAGNETICO 10Nm/205VDC/0.13A	B GRCI091-E	FBR10 / BRZ10	0002	29.11.2021
5835-1091	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC	B GRCI091-E	19141010	0003	29.11.2021
5835-1091	MOTOR E. TROLLEY DRIVE M4 LADO A OESTE	NORD			CGGR
5835-1091	MOTOR E. 1.5HP 1630RPM 230/460V S850L4	B CC-2815	202042452-200		NORD
5835-1091	FRENO ELECTROMAGNETICO 10Nm/205VDC/0.13A	B GRCI091-E	FBR10 / BRZ10	0002	29.11.2021
5835-1091	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC	B GRCI091-E	19141010	0003	29.11.2021

Figura 77: Motores y variadores (VFD) Izar lado A. Fuente: Elaboración propia.

# Estructura ISO 14224 - Grúa # 1091



Objeto	Descripción	Material	Proveedor	Fecha	Estado
5835-1091	VARIADOR VELOC.TROLLEY MOTOR VFD3 LADO A	POWER ELECTRONICS			CGGR
5835-1091	VARIADOR VELOCIDAD TROLLEY MOTOR	B GRCI091-E	MICRO-SPEED CX		POWER ELECTRONICS
5835-1091	SISTEMA ELECT. PANEL HOIST "B" #2 ESTE	EMH			CGGR
5835-1091	LIMIT SWITCH-LIMITADOR CARRERA TROLLEY	B GRCI091-E	KCMH5401R29	0001	30.11.2021
5835-1091	FUENTE ALIM. SENSOR 100-24VAC/24VDC1.2A	B GRCI091-E	ARLNM24012	0002	30.11.2021
5835-1091	PHOTOELECTRIC SENSOR ANTI-COLLISION B SUR	B GRCI091-E	KUMSPAR2M212	0003	30.11.2021
5835-1091	PHOTOELECT. SENSOR ANTI-COLLISION B NORTE	B GRCI091-E	KUMSPAR2M212	0004	30.11.2021
5835-1091	GRAND CAM LIMIT SWITCH - MOTOR HOIST B	B GRCI091-E	191179/20	0005	30.11.2021
5835-1091	STOP SWITCH EMERGENCIA-LIMITADOR CARGA B	B GRCI091-E		0006	30.11.2021
5835-1091	TRANSMISOR DE SEÑAL-LIMITADOR DE CARGA B	B GRCI091-E	I-C4C	0007	30.11.2021
5835-1091	ALIMEN. ELEC. TRANSFER. TIPO FESTOON B				CGGR
5835-1091	CABLE PLANO FESTOON	B GRCI091-E	CONDUCTIX	0001	30.11.2021
5835-1091	1-BEAM S3484 - EJE	B GRCI091-E	CONDUCTIX	0002	30.11.2021
5835-1091	CARGOS PORTACABLE MOVIL I-BEAM S3484	B GRCI091-E	14120016	0003	30.11.2021
5835-1091	CARGOS PORTACABLE FIJO I-BEAM S3484	B GRCI091-E	14120018	0004	30.11.2021
5835-1091	CARGO PORTACABLE ARRASTRE I-BEAM S3484	B GRCI091-E	14120017	0005	30.11.2021
5835-1091	MOTOR E. HOIST DRIVE M4 LADO B ESTE	NORD			CGGR
5835-1091	MOTOR E. 40HP 1770RPM 460V S8200L4	B CC-2819	202042452-300		NORD
5835-1091	FRENO ELECT. 250Nm/205VDC/0.54A	B GRCI091-E	FBR24 / BRZ250	0002	30.11.2021
5835-1091	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC	B GRCI091-E	19141010	0003	30.11.2021
5835-1091	GEAR ENCODER MOTOR HOIST	B GRCI091-E	19651501	0004	30.11.2021
5835-1091	VARIADOR VELOC. HOIST MOTOR VFD4 LADO B	POWER ELECTRONICS			CGGR
5835-1091	VARIADOR VELOCIDAD TROLLEY MOTOR	B GRCI091-E	MICRO-SPEED MULTI-VECTOR		POWER ELECTRONICS
5835-1091	BANCO DE RESISTENCIAS VFD HOIST	B GRCI091-E	R4046RD	0002	30.11.2021

Figura 78: Panel eléctrico izaje lado B. Fuente: Elaboración propia.

# Estructura ISO 14224 - Grúa # 1091



Objeto	Descripción	Material	Proveedor	Fecha	Estado
5835-1091	MOTOR E. TROLLEY DRIVE M4 LADO B ESTE	NORD			CGGR
5835-1091	MOTOR E. 1.5HP 1630RPM 230/460V S850L4	B CC-2816	202042452-200		NORD
5835-1091	FRENO ELECTROMAGNETICO 10Nm/205VDC/0.13A	B GRCI091-E	FBR10 / BRZ10	0002	30.11.2021
5835-1091	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC	B GRCI091-E	19141010	0003	30.11.2021
5835-1091	MOTOR E. TROLLEY DRIVE M4 LADO B ESTE	NORD			CGGR
5835-1091	MOTOR E. 1.5HP 1630RPM 230/460V S850L4	B CC-2817	202042452-200		NORD
5835-1091	FRENO ELECTROMAGNETICO 10Nm/205VDC/0.13A	B GRCI091-E	FBR10 / BRZ10	0002	30.11.2021
5835-1091	RECTIFICADOR FRENO 200-480VAC/90-215VDC	B GRCI091-E	19141010	0003	30.11.2021
5835-1091	VARIADOR VELOC.TROLLEY MOTOR VFD5 LADO B	POWER ELECTRONICS			CGGR
5835-1091	VARIADOR VELOCIDAD TROLLEY MOTOR	B GRCI091-E	MICRO-SPEED CX		POWER ELECTRONICS
5835-1091	ALIMENTACION ELEC. LONG. TIPO SAFE-LEC 2 CONDUCTIX				CGGR
5835-1091	COLECTOR RED FASE 100A	B GRCI091-E	XA-310990	0001	30.11.2021
5835-1091	COLECTOR GREEN TIERRA 100A	B GRCI091-E	XA-398355	0002	30.11.2021
5835-1091	CONTACTO COLECTOR RED FASE 50A/100A	B GRCI091-E	XA-310993	0003	30.11.2021
5835-1091	CONTACTO COLECTOR GREEN TIERRA 50A/100A	B GRCI091-E	XA-398357	0004	30.11.2021
5835-1091	BARRA CONDUCTORA 200A FASE ORANGE	B GRCI091-E	XA-310601-J	0005	30.11.2021
5835-1091	BARRA CONDUCTORA 200A TIERRA GREEN	B GRCI091-E	XA-310602-J	0006	30.11.2021
5835-1091	CUBIERTA PARA UNION DE BARRAS	B GRCI091-E	XA-310850B	0007	30.11.2021
5835-1091	AGARRADERA DE BARRA CONDUCTORA	B GRCI091-E	XA-35779	0008	30.11.2021

Figura 79: Motores desplazamiento transversal lado B. Fuente: Elaboración propia.

# Estructura ISO 14224 - Grúa # 1091



Item	Description	Material	Quantity	Unit	Plant	Storage Location	Material Group	Category	Base Unit of Measure	Conversion Factor	Start Date	End Date
5	REDUCTOR MOTOR BRIDGE MIA LONG TRAV. S-O	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 7.5HP/59.91:1 SK 973.1P-1328/4 B	202042452-400	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEA DE PUENTE SUR-OESTE (SUR)			0002							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR BRIDGE MID LONG TRAV. S-E	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 7.5HP/59.91:1 SK 973.1P-1328/4 B	202042452-400	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEA DE PUENTE SUR-ESTE (SUR)			0002							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR BRIDGE MIA LONG TRAV. N-O	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 7.5HP/59.91:1 SK 973.1P-1328/4 B	202042452-400	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEA DE PUENTE NORTE-OESTE (NORTE)			0002							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR BRIDGE MID LONG TRAV. N-E	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 7.5HP/59.91:1 SK 973.1P-1328/4 B	202042452-400	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEA DE PUENTE NORTE-ESTE (NORTE)			0002							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR BRIDGE MIA LONG TRAV. S-O	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 7.5HP/59.91:1 SK 973.1P-1328/4 B	202042452-400	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEA DE PUENTE SUR-OESTE (NORTE)			0002							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR BRIDGE MID LONG TRAV. N-E	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 7.5HP/59.91:1 SK 973.1P-1328/4 B	202042452-400	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEA DE PUENTE NORTE-ESTE (SUR)			0001							30.11.2021	

Figura 80: Reductores motores puente lado 1A. Fuente: Elaboración propia.

# Estructura ISO 14224 - Grúa # 1091



Item	Description	Material	Quantity	Unit	Plant	Storage Location	Material Group	Category	Base Unit of Measure	Conversion Factor	Start Date	End Date
5	REDUCTOR MOTOR BRIDGE MID LONG TRAV. N-E	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 7.5HP/59.91:1 SK 973.1P-1328/4 B	202042452-400	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEA DE PUENTE NORTE-ESTE (NORTE)			0002							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR HOIST M2 LADO A OESTE	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 40HP/115.5:1 S8392V2VL-200LM/4 B	202042452-300	NORD	0001							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR TROLLEY MIA LADO A S-O	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 1.5 HP/49.6:1 SK 573.1P-80L/4 B	202042452-200	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEA DE TROLLEY A SUR-OESTE			0002							30.11.2021	
1	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY A S-O (SUR)			0003							30.11.2021	
1	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY A S-O (NORTE)			0004							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR TROLLEY M3B LADO A N-O	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 1.5 HP/49.6:1 SK 573.1P-80L/4 B	202042452-200	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEAS DE TROLLEY A NORTE-OESTE			0002							30.11.2021	
1	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY A N-O (SUR)			0003							30.11.2021	
1	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY A N-O (NORTE)			0004							30.11.2021	

Figura 81: Reductores de motores desplazamiento longitudinal. Fuente: Elaboración propia.

# Estructura ISO 14224 - Grúa # 1091



Item	Description	Material	Quantity	Unit	Plant	Storage Location	Material Group	Category	Base Unit of Measure	Conversion Factor	Start Date	End Date
5	REDUCTOR MOTOR HOIST M4 LADO B ESTE	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 40HP/115.5:1 S8392V2VL-200LM/4 B	202042452-300	NORD	0001							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR TROLLEY M5A LADO B S-E	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 1.5 HP/49.6:1 SK 573.1P-80L/4 B	202042452-200	NORD	0001							30.11.2021	
1	RUEAS DE TROLLEY B SUR-ESTE			0002							30.11.2021	
1	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY B S-E (SUR)			0003							30.11.2021	
1	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY B S-E (NORTE)			0004							30.11.2021	
5	REDUCTOR MOTOR TROLLEY M5B LADO B N-E	5835-1091						CGGR				
1	REDUCTOR 1.5 HP/49.6:1 SK 573.1P-80L/4 B	202042452-200	EMH	0001							30.11.2021	
1	RUEAS DE TROLLEY B NORTE-ESTE			0002							30.11.2021	
1	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY B N-E (SUR)			0003							30.11.2021	
1	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY B N-E (NORTE)			0004							30.11.2021	

Figura 82: Reductor motor izaje lado B. Fuente: Elaboración propia.

# Estructura ISO 14224 - Grúa # 1091



CUA-CI-PH-MOLF-HOI091-MEDS-WHEELS		RUEDAS DE TROLLEY B NORTE-ESTE		5835-1091		CGGR			
---	0	R011091-TRD-B-N0	RUEDAS DE TROLLEY B NORTE-ESTE	B	GRC1091-E	0001	30.11.2021		
---	0	R011091-TRD-WC-B	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY B N-O (SUR)	B	GRC1091-E	0002	30.11.2021		
---	0	R011091-TRD-WC-N	GUIADOR DE RUEDA TROLLEY B N-O (NORTE)	B	GRC1091-E	0003	30.11.2021		
CUA-CI-PH-MOLF-HOI091-MEDS-HOISTA		POLIPASTO & TROLLEY LADO A CESTE		5835-1091		CGGR			
---	0	R011091-A	CARRO POLIPASTO A	B	GRC1091-E	EMH	0001	30.11.2021	
---	0	R011091-A	PASTECA DE CARGA LADO A	B	GRC1091-E	400080	0002	30.11.2021	
---	0	R011091-A	POLEA LIMITADOR DE CARGA HOIST A	B	GRC1091-E	13050091	0003	30.11.2021	
---	0	R011091-A	CABLE DE IZAJE LADO A	B	GRC1091-E	13050091	EMH	0004	30.11.2021
CUA-CI-PH-MOLF-HOI091-MEDS-HOISTB		POLIPASTO & TROLLEY LADO B ESTE		5835-1091		CGGR			
---	0	R011091-B	CARRO POLIPASTO LADO B	B	GRC1091-E	EMH	0001	30.11.2021	
---	0	R011091-B	PASTECA DE CARGA LADO B	B	GRC1091-E	400080	0002	30.11.2021	
---	0	R011091-B	POLEA LIMITADOR DE CARGA HOIST B	B	GRC1091-E	13050091	0003	30.11.2021	
---	0	R011091-B	CABLE DE IZAJE LADO B	B	GRC1091-E	13050091	EMH	0004	30.11.2021

Figura 83: Polipasto desplazamiento longitudinal lado B. Fuente: Elaboración propia.

## 4.2.3. Hoja de ruta grúa Molinos 70 T.

**Modificar instrucción: cabecera vista general**

GrHRuta    CCRA0001 PM MEC/ELECT. GRUA PUENTE EMH

Grupo hojas ruta   

Cont.grupo HRuta   

Centro planificación   

---

**Asignaciones a cabecera hoja ruta**

Puesto de trabajo     /  CXC MANT. GRUAS Y ELEVADORES-CUAJONE

Utilización     Mantenimiento

Grupo planif.     PLNR ELEC CONCENT

Status hoja de ruta     Liberado en general

Estado instalación     No Operando

Estrategia mantenim.     QUINCENAL S/JERARQUÍA

Conjunto   

Petición de borrado

---

**Datos QM**

Puntos de inspección   

Numeración externa

Figura 84: Cabecera de hoja de ruta CCRA0001. Fuente: Elaboración propia.

**Modificar instrucción: resumen operaciones**

GrHRuta CCRA0001 PM MEC/ELECT. GRUA PUENTE EMH ContGrpoHR X1

Resumen general operación

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce.	Ctrl	Descripción operación	T...	Trabajo	Un.	Nº	Dur.	Un.	C.%	DistTrbInt	Fac	CIAct	CV	
0010		CGGR	CU01	PM01	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE EMH		10	HH	2	5.0	H	2	100		1	XELEC	
0020		CGGR	CU01	PM01													
0030		CGGR	CU01	PM01													

Figura 85: Resumen de operación hoja de ruta CCRA0001. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4. Plan Mantenimiento Grúa Molinos 70 T.

**Modif.plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia 00000038298**

Plan mant.prev. 38298 PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.

Cab.plan mant.

Ciclos plan de mantenimiento 23.07.2022 Parám.programación plan mantenimiento Datos adicionales plan mantenimiento Llamadas prog...

Ciclo	Unidad	Texto ciclo mantenimiento	Offset
	15DÍA	015 QUINCENAL	0

Posición Lista objeto posición Emplazamiento posición Llamadas programadas posición Llamadas manuales posición Ciclos posición...

Posición PM 39776 PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.

Nú...	FechaPrev.	Fecha de toma	Fecha de concl...	Paquet.vencid.	Cl.programación/Status	Desví...	Unidad
147	29.07.2022			01	Programado,tomado		
148	13.08.2022	30.07.2022		01	Programado,Espera		
149	28.08.2022	14.08.2022		01	Programado,Espera		
150	12.09.2022	29.08.2022		01	Programado,Espera		
151	27.09.2022	13.09.2022		01	Programado,Espera		

Figura 86: Plan de mantenimiento-estrategia 38298. Fuente: Elaboración pÓrdenes de trabajo de mantenimiento grúa Molinos 70 T.

**Modificar órdenes y operaciones: Lista de pedidos y operaciones**

PtoTbjoOp	CpoClasif	Orden	Denominación de la ubicación técnica	Texto breve	Pl.MantPriv	Texto breve operación	Fe.inic.extrema	Status del
CGGR	GRC1091	1001167014	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	ISP GRUA PUENTE MOLINO NORTE NO RESPONDE		ISP GRUA PUENTE MOLINO NORTE NO RESPONDE	22.02.2022	CERR NO
CGGR		1001233848	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	Falla Funcional de Grúa puente molinos N		Falla Funcional de Grúa puente molinos N	26.06.2022	CTEC NO
CGGR		2002928647	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	RPN SISTEMA DE FRENADO GRUA PUENTE		RPN SISTEMA DE FRENADO GRUA PUENTE	05.11.2020	CTEC NO
CGGR		2003372029	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	CMB ZAPATA DE COLECTOR / R422D		CMB ZAPATA DE COLECTOR / R422D	22.08.2021	CTEC NO
CGGR		2003467099	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	CMB DE COLECTORES Y BRAZOS DE COLECTORES		CMB DE COLECTORES Y BRAZOS DE COLECTORES	22.10.2021	CERR NO
CGGR		2003570057	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	12.01.2022	CERR NO
CGGR		2003606147	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	25.01.2022	CERR NO
CGGR		2003633391	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	09.02.2022	CERR NO
CGGR		2003649580	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	22.02.2022	CERR NO
CGGR		2003670968	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	23.03.2022	CERR NO
CGGR		2003678937	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	LIMPIEZA DE SISTEMA DE FRENADO DE GRUAS		LIMPIEZA DE SISTEMA DE FRENADO DE GRUAS	09.03.2022	LIB. PHA1
CGGR		2003716077	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	06.04.2022	CTEC NO
CGGR		2003738943	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	20.04.2022	CTEC NO
CGGR		2003760128	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	04.05.2022	CTEC NO
CGGR		2003782508	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	18.05.2022	CTEC NO
CGGR		2003805160	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	01.06.2022	CTEC NO
CGGR		2003829849	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	14.06.2022	CTEC NO
CGGR		2003850815	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	29.06.2022	CTEC NO
CGGR		2003873792	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	11.07.2022	CTEC NO
CGGR		2003897606	GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH	PM MEC/ELECT.GRUA PTE. MOLINOS 35/35 TN.	38298	PM SIST. MEC/ELECT.GRUA PUENTE VAUGHAN	27.07.2022	LIB. KMH

Figura 90: Listado de órdenes y operaciones-2022. Fuente: Elaboración propia.

**Modificar AMC Orden de mantenimiento preventivo 2003873792: Cabecera**

Cierre comercial

Orden: ZPM2 003873792 PM MEC/ELECT.GRUAS PTE. MOLINOS 35/35 TN.

Stat.sist.: CTEC NOTI FCAP KKMP NLIQ PREC 0

Datos cab. Oper. Componentes Costes Interloc. Objetos Datos adic. Emplaz. Planific. Control Am

**Responsable**

Gpo.plan. CEC / SPCC PLNR ELEC CONCENT  
Rs.pto.tr. CGGR / CU01 CXC MANT. GRUAS Y E.  
Responsable 0

Aviso  
Costes 0.00 PEN  
Cl.activ.PM MA MANTENIMIENTO  
EstdInstal  
Dirección Southern Peru C

**Fechas**

Inic.extr. 11.07.2022 07:30 Prioridad 2-alto  
Fin extr. 11.07.2022 14:01 Revisión

**Objeto de referencia**

Ubic.téc. CUA-C1-PH-MOLP-HO. GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH  
Equipo  
Conjunto

Figura 91: Orden de mantenimiento preventivo 2003873792. Fuente: Elaboración propia.

**Modificar AMC Orden de mantenimiento preventivo 2003873792: Cabecera**

Cierre comercial

Gpo.plan. CEC / SPCC PLNR ELEC CONCENT  
Rs.pto.tr. CGGR / CU01 CXC MANT. GRUAS Y E.  
Responsable 0

Aviso  
Costes 0.00 PEN  
Cl.activ.PM MA MANTENIMIENTO  
EstdInstal  
Dirección Southern Peru C

**Fechas**

Inic.extr. 11.07.2022 07:30 Prioridad 2-alto  
Fin extr. 11.07.2022 14:01 Revisión

**Objeto de referencia**

Ubic.téc. CUA-C1-PH-MOLP-HO. GRUA PUENTE MOLINOS 35/35 TON. CMAA EMH  
Equipo  
Conjunto

**Primera operación**

Operación PM SIST. MEC/ELECT.GRUAS PUENTE VAUGHAN ClvCá Calcular trabajo  
PtoTrab/Ce CGGR / CU01 ClvCtrl PM01 Cl.activ. XELEC MAF  
TrabInvert 10 HH Cantidad 2 Dur.oper. 5.0 H Comp.  
Nº pers. 0

Figura 92: Orden de mantenimiento puesto de trabajo y fechas. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Evidencias en tablas pre-post modernización

**Tabla 28:** Resultado 5.15.8 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

 <p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Ahora</b></p>
<p>Conjunto de 15 levas electromecánicas por cada movimiento, para accionar los distintos interruptores que realizan las funciones de sentido y velocidad.</p>	<p>Joysticks para ejecutar los 4 movimientos independientes a la vez, según la selección del operador, mediante control remoto e indicador de peso inalámbrico.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29:** Resultado 5.15.1 de la Norma CMAA-70-2009 grúas puente eléctrico

 <p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Ahora</b></p>
<p>Uno de los 7 tableros de Fuerza en 440VAC y Control en 110VAC, ocupando la mitad del puente de la grúa.</p>	<p>Uno de los 3 tableros de Fuerza en 440VAC, Control en 110VAC, 24VDC montados 1 al extremo, 2 y 3 en cada carro.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30:** Resultado 5.4.7 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Vista de los 7 Tableros de Fuerza y Control ocupando 8 metros lineales. Cubierta de plancha metálica sin especificación. Procedencia England.</p>	<p>Vista de 1 de los tableros de Fuerza y Control, sobre el Carro N.º 2 (este). Especificación NEMA 4X, acero inoxidable. Procedencia USA.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31:** Resultado 5.6.8 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Uno de los 7 tableros de control que tenía la grúa original, tecnología 70's, consta de relés de tiempo con condensadores, relés electromecánicos y contactores unipolares y tripolares.</p>	<p>Un PLC único con 24VDC para la alimentación de la fuente, CPU, 3 módulos de entrada digital 120 VAC y 2 módulos de salida digital 120VAC.</p>

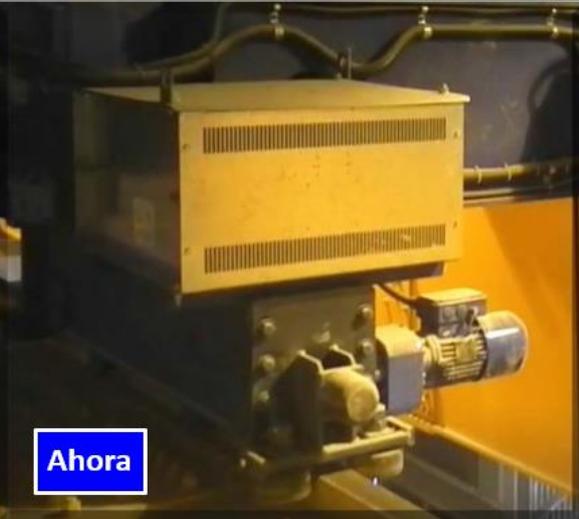
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32:** Resultado 5.2.1.3 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Motor de Rotor Bobinado 50HP, 440 VAC con freno de zapatas y bobina 115VDC, dimensión 1.8 Mt. Movimiento Longitudinal (Long Travel).</p>	<p>Motor de Inducción 7.5HP, 440 VAC con freno de Disco incorporado y bobina 440VDC, dimensión 0.8 Mt. Movimiento Longitudinal (Long Travel)</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33:** Resultado 5.5.2 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Banco de Resistencias de Velocidad y Frenado para el Rotor Bobinado del motor eléctrico, 7 niveles por cada movimiento; altura 1.6 m.</p>	<p>Un Banco de Resistencias de solo frenado para el Estator controlado por VFD de los ganchos, 2 niveles; altura 0.35 m.</p>

**Tabla 34:** Resultado 5.15.6 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

 <p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Ahora</b></p>
<p>Panel Transmisor del antiguo Control remoto Catttron, izquierda Módulo de radio, derecha relés estado sólido 54 NO y 11 NC. Dimensión 120X150 cm.</p>	<p>Panel Transmisor del nuevo Control remoto Ikusi, incluye Módulo de radio y Relés 11 NO y 2 NC. Dimensión 30X20 cm.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 35:** Resultado 5.2.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

 <p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Ahora</b></p>
<p>3 tableros incluyen transformador 440VAC/115 VDC y rectificador de selenio, para el tambor de freno de cada movimiento.</p>	<p>1 rectificador integrado 440VAC/120VDC en la caja de conexiones de cada motor, para el freno de disco individual de cada movimiento.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36:** Resultado 5.6.10 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Interfaz de relés electromecánicos, comunica el control manual de cabina con el control remoto antiguo, 120X180X30 cm.</p>	<p>Controlador inalámbrico de señales, controla la carga del motor e indica el tonelaje del gancho en el panel Led. 18X10X2 cm.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37:** Resultado 5.3.4 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Tambor electromagnético enorme de 115VDC de Freno con zapatas de frenado por cada motor.</p>	<p>Freno de Disco con bobina de 120VDC, acoplada al eje de cada motor; Tacómetro acoplado al eje.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38:** Resultado 5.4.2 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Cabina de control manual, aérea original, se puede apreciar los 5 selectores rotativos electromecánicos, sirena de 1 tono y sin <i>display</i>.</p>	<p>Cabina de control manual, aérea modernizada con iluminación LED, circulina, sirena de 4 tonos y <i>display</i> digital de Leds indicador de peso.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39:** Resultado 5.1.4 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Uno de los 2 Microswitch de 2 polos para limitar el ascenso y descenso, activado por cadena y tornillo sinfín mecánico, en secuencia para parada de emergencia de la Grúa.</p>	<p>Uno de los 2 Sensores de Peso digitales de gancho para verificar el peso de la carga de cada Polipasto en ascenso y descenso, así como control de velocidad del VFD correspondiente.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40:** Resultado 5.13.2 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

 <p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Ahora</b></p>
<p>Brazo activado por cable y contrapeso para el Switch fin de carrera del movimiento de ascenso de cada gancho.</p>	<p>Swicht límite giratorio 1 por cada gancho y similares para los fines de carrera de desplazamiento longitudinal.</p>

**Tabla 41:** Resultado 5.14.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

 <p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Ahora</b></p>
<p>Círculo fuerza de cambio de giro y cambio de las velocidades (7 tableros), total 7 contactores por movimiento más disco y levas para saltos de velocidad en secuencia. Gabinetes sin normas.</p>	<p>5 variadores de frecuencia (VFD) para controlar todos los 5 movimientos independientes que alimentan a los 10 motores de la grúa 460VAC, con opción de sobrecarga al 130 % autoventilados dentro de los gabinetes NEMA 4X.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 42:** Resultado 5.12.2 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

 <p data-bbox="614 689 724 757"><b>Antes</b></p>	 <p data-bbox="804 689 914 757"><b>Ahora</b></p>
<p data-bbox="181 786 742 878">Alineamiento de rieles 460 m. lineales con estudio topográfico, se observa las barras conductoras alimentación 440VAC de posición vertical.</p>	<p data-bbox="780 786 1374 878">Barras colectoras (3 Naranja+1 Verde) de alimentación en 440VAC nuevas a lo largo de los 230 m. lineales en el lado este de la grúa, en posición horizontal.</p>

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4. Discusión de Resultados**

1. En las tablas 24 al 47 se tienen las comparaciones de los índices de confiabilidad, riesgo, mantenibilidad y disponibilidad, por lo que se realizaron una comparación de los índices mencionados antes y después de la instalación de la grúa puente eléctrico. Estos resultados plasman en estadística los objetivos planteados por la investigación.
2. El índice de confiabilidad con un tiempo de evaluación de 24 horas antes de la implementación de la grúa puente eléctrico era de 92.31 %, después de la implementación este índice subió a 99.92 %, casi aproximándose a la confiabilidad absoluta de un equipo. También, hay que mencionar que en un tiempo alterno de evaluación de 72 horas el índice de confiabilidad era 78.65 %, después de la implementación este subió al 95.60 %; según se muestran estos resultados en la tabla 24. Por lo que se puede afirmar que la implementación de la nueva grúa puente eléctrico con todas las correcciones realizadas influyó en los parámetros de confiabilidad del equipo, lo cual repercute en un mayor desempeño de este.
3. El índice de riesgo con un tiempo de evaluación de 24 horas antes de la implementación de la grúa puente eléctrico era de 7.69 %, después de la implementación este índice bajo a 0.08 %, casi aproximándose a un equipo exento de riesgo. También, he de mencionar que en un tiempo alterno de evaluación de 72 horas el índice de riesgo era 21.35 %, después de la implementación este bajo al 4.40 %; según se muestran estos resultados en la tabla 25. Por lo que se puede afirmar que la implementación de la nueva grúa puente eléctrico con todas las correcciones realizadas influyo en los parámetros de riesgo del equipo, lo cual repercute en una mayor seguridad de este.

4. El índice de mantenibilidad con una evaluación de 24 horas antes de la implementación de la grúa puente eléctrico era de 91.88 %, después de la implementación este índice subió a 95.67 %, mejorando sustancialmente su mantenibilidad. También hay que mencionar que en un tiempo alterno de evaluación de 72 horas el índice de mantenibilidad era 99.95 %, después de la implementación este subió al 99.98 %; según se muestran estos resultados en la tabla 26. Por lo que se puede afirmar que la implementación de la nueva grúa puente eléctrico con todas las correcciones realizadas influyó en los parámetros de mantenibilidad del equipo, lo cual repercute en que el equipo no necesita mantenimiento constante porque está operativo.
5. El índice de disponibilidad con un tiempo de evaluación de 24 horas antes de la implementación de la grúa puente eléctrico era de 96.91 %, después de la implementación este índice subió a 97.76 %, mejorando la disponibilidad del equipo en un 1 % a lo largo del día, lo que repercute en la disponibilidad del equipo a lo largo del año. También, quiero mencionar que en un tiempo alterno de evaluación de 72 horas el índice de disponibilidad era 96.91 %, después de la implementación este subió al 97.76 %; según se muestran estos resultados en la tabla 27. Por lo que se puede afirmar que la implementación de la nueva grúa puente eléctrico con todas las correcciones realizadas mejoro la disponibilidad del equipo a lo largo del día laborable, así como en forma semanal, mensual y anual.
6. Toda la información de las tablas se obtuvo mediante cuadros elaborados previamente en Excel, las que tuvieron como fuente la base de datos del ERP SAP PM Módulo de Mantenimiento. Los detalles de los resultados y curvas identificadas elaboradas desde la figura 45 hasta la figura 70 se obtuvieron con la herramienta informática ICD de Planeamiento Mantenimiento SPCC-Cuajone, el que tiene como base todas las fórmulas

de Distribución que se consideraron en la parte de antecedentes y conceptos internacionales de la presente tesis.

7. La estructura de la taxonomía utilizada tiene como fundamento la Norma ISO 14224, cuya información está desde la figura 71 hasta la figura 85, en la que se aprecian detalladamente todos los ítems mantenibles y componentes fueron levantados en su totalidad del equipo modernizado, con la finalidad de enmarcarse en una efectiva identificación y su respectivo tratamiento a través de avisos y órdenes de mantenimiento, la ausencia de este trabajo impactaría en la confiabilidad planteada en la tesis.
8. El tema de “ciclo de vida del activo”, está soportado en el trabajo efectuado a través del Módulo SAP PM y corresponden a las hojas de ruta, planes de mantenimiento y posiciones de mantenimiento estructurado y activo a la fecha, considerado desde la figura 86 hasta la figura 94. De no haberse registrado adecuada y ordenadamente estos registros en el ERP SAP, los trabajos del área de mantenimiento no serían efectivos y no se llegaría al objetivo de tener en operación esta grúa tal como se planteó en la tesis por un periodo entre 25 y 30 años de actividad.

## CONCLUSIONES

1. Se cumplió con demostrar el impacto de la modernización de la grúa puente eléctrico, mejorando significativamente los indicadores de confiabilidad, de tener un valor de 78.65 % antes de la modernización hasta un valor posterior de 95.6 % a un tiempo de operación de 72 horas de funcionamiento de este equipo, tabla 25. En estos tiempos se tiene un patrón flexible y adaptable, para variaciones muy rápidas y requiere una toma de determinaciones más eficaces y ejecutables. Se debe asegurar de contar con un programa de confiabilidad robusto en cada centro de trabajo. El nivel ideal de mantenimiento programado debería ser controlado por la importancia del equipo en el desarrollo y el nivel a obtener mediante la confiabilidad.
2. Se demostró también que el riesgo (probabilidad de fallas) en este mismo tiempo de 72 horas disminuyó significativamente de un valor de 21.35 % antes de la modernización obteniendo finalmente solo 4.40 %, este valor está relacionado como se sabe con el valor contemplado en el concepto de seguridad industrial de la tabla 26. De esta forma se cumplen con las normas y regulaciones vigentes en el Estado peruano. El factor riesgo controlado con una serie de mecanismos antes y después de la compra y puesta en servicio del activo asegurara de no tener pérdidas económicas, por una sencilla razón, se ha demostrado que los accidentes cuestan no solo pérdida de producción, sino vidas humanas.
3. Se cumplió con demostrar el impacto de la modernización de la grúa puente eléctrico, mejorando significativamente el indicador de mantenibilidad, de tener un valor de 91.88 % antes de la modernización hasta un valor posterior de 95.67 % con un tiempo de operación de 24 horas de funcionamiento de este equipo, tabla 27. Asimismo, de tener un valor de tiempo promedio fuera de servicio probable de 9.56 horas para mejorar hasta

8.62 horas, que reduce la inoperancia de la grúa puente en un periodo de 72 horas. Estos valores sirven para emplear los estándares y métodos del sector Industrial para ordenar los fundamentos de los planes de mantenimiento en instalaciones eléctricas. También, proporciona la oportunidad de mejorar detalladamente el programa de mantenimiento centrado en confiabilidad.

4. Se cumplió con demostrar el impacto de la modernización de la grúa puente eléctrico, mejorando significativamente el indicador de disponibilidad, de tener un valor de 96.91 % antes de la modernización hasta un valor posterior de 97.76 % a un tiempo de operación de 72 horas de funcionamiento de esta grúa, tabla 28. En este ámbito, las determinaciones deben estar basadas en conocimientos de varias disciplinas y contar con informes enmarcados para tener operativas las instalaciones. Este es el único valor que interesa al área de operaciones, ya que todos los cálculos de productividad se basan en el concepto de disponibilidad, lo único que quieren ellos es tener un equipo que funcione en cualquier momento.
5. Se cumplió con demostrar el impacto de la modernización de la grúa puente eléctrico, mejorando significativamente el indicador de “ciclo de vida del activo”, mediante la debida jerarquización a través de ISO 14224 y complementando toda la estructura de hojas de ruta, planes y posiciones en SAP, las que se encuentran en ejecución hoy en día, se puede pronosticar que el tiempo de vida de esta grúa puede llegar a los 30 o 35 años de funcionamiento. Esto solamente se puede lograr, si se cumplen todos los objetivos planteados en la tesis, ya que todos ellos forman un conjunto de metas sin las cuales no se podría cumplir con los años de servicio ofrecidos.

## RECOMENDACIONES

1. La investigación de confiabilidad equivale a identificar posibles problemas de componentes y averías que originan equipos fuera de servicio. La toma de esta iniciativa es determinante por parte de los encargados de dar mantenimiento, tiene que ser sustentada por procedimientos de desarrollos de confiabilidad, los cuales en la medida de lo posible deben de tener información directamente recopilada en una base de datos, en esta se debe de considerar todos los eventos programados y no programados, ya que estos son la base para determinar los valores obtenidos en las conclusiones.
2. Se recomienda dar la más alta importancia a los tratamientos y procedimientos de seguridad eléctrica, ampliando su ámbito de aplicación y de esta manera cumplir con la regulación ambiental vigente del Estado peruano. Por ello, los valores obtenidos de disminución y riesgo son bastante favorables, ya que esto asegura que tanto la operación como el mantenimiento de esta grúa se realice sin incidentes y/o accidente, que lo único que producen es la pérdida de producción y en el peor de los casos la pérdida de vidas humanas.
3. Es necesario plantear una estrategia de trabajo para que la industria use competentemente los registros históricos de fallas de las instalaciones. Por lo que se logró establecer específicamente su influencia en los hechos de mantenimiento sobre los índices de gestión de este concepto. Los programas de mantenimiento se basarán en experiencias del personal involucrado, esto da como resultado un grado de responsabilidad y dominio de los trabajadores, esta grúa como cualquier otro equipo necesita una tensión especial por ser parte de la producción. Los programas de mantenimiento deberán estar basados en los estándares, posiciones, planes y órdenes de trabajo que deberían ser originados en un ERP de preferencia. En este caso para esta grúa, los mantenimientos, según los

resultados obtenidos, se sugieren realizarlos cada 15 días.

4. En el tema de disponibilidad se sugiere que las fórmulas y valores obtenidos por la parte de operaciones sean los mismos que utilice el área de mantenimiento, para que entre ambos se entienda los mismos resultados obtenidos. Tener un punto de vista que constituya ciertos aspectos como gerencia estratégica sumada a la verificación de gestión y alimentar la base de datos apropiadamente, con información confiable para analizar y tomar decisiones coherentes. En otras palabras, tener un equipo utilizable sugiere que esta grúa o cualquier equipo esté disponible a entrar en funcionamiento en cualquier momento que los usuarios lo requieran.
5. Se requiere constituir un programa completo de gestión de activos y dar seguimiento a los beneficios asociados, así se tendría que el análisis de falla como la etapa más fundamental para ordenar un programa de mantenimiento ideal, tomando como base de datos en este caso al ERP SAP, durante la vida útil de la grúa. Lo recomendable es no escatimar el costo inicial de la selección de un equipo y su consiguiente programa de mantenimiento, ya que el obviar estos últimos puntos disminuirían considerablemente la proyección de la vida útil de este equipo.
6. Finalmente, la última recomendación sería sugerir a la Universidad Continental tener en su programa curricular un curso de Gestión de Activos, ya que este considera todos los puntos tratados en los objetivos tratados en la presente tesis. De esta manera, se ampliaría los horizontes en la aplicación de las distintas metodologías que pueden llevar a ser eficientes ingenieros. No se pueden dejar de lado también la utilización de las normas internacionales vigentes, ya que son el sustento la base y el sustento del desarrollo tecnológico que se vive en los actuales momentos.

## REFERENCIAS

1. SUEIRO, G. *Gestion de activos e Influencias en la cuenta de resultados de la empresa*. Madrid: A.E.C. Asociacion Española Para la Calidad, 2017.
2. BALLESTEROS, F. *IRM*. [En línea] Preditec/IRM, Agosto de 2011. [http://www.preditec.com/extranet/publicaciones/La\\_estrategia\\_predictiva\\_en\\_el\\_mantenimiento\\_industrial.pdf](http://www.preditec.com/extranet/publicaciones/La_estrategia_predictiva_en_el_mantenimiento_industrial.pdf).
3. PARRA, C y CRESPO, A. *Consideraciones sobre el impacto económico de la “Confiabilidad”, en el Análisis de Costos de Ciclo de Vida de un activo de Producción*. Revisión de modelos básicos. *www.aec.es*. [En línea] AEC, Junio de 2007. [Citado el: 20 de 03 de 2022.] [https://www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=b82085b0-d138-44d6-ba88-d4de18305f7e&groupId=10128](https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=b82085b0-d138-44d6-ba88-d4de18305f7e&groupId=10128).
4. MAZZELLA COM, M. <https://www.mazzellacompanies.com>. [En línea] Mazzella Companies, 27 de Noviembre de 2017. [Citado el: 10 de Mayo de 2022.] <https://www.mazzellacompanies.com/learning-center/6-signs-its-time-to-upgrade-modernize-overhead-crane-equipment/>.
5. 55000, ISO. Secretaría Central de ISO. [En línea] 15 de Enero de 2014. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma\\_arc/mantenimiento1/ISO%2055000%20DE%202014.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/ISO%2055000%20DE%202014.pdf).
6. MAZZELLA COM., M. <https://www.mazzellacompanies.com>. [En línea] Mazzella Companies, 27 de Julio de 2017. [Citado el: 10 de Mayo de 2022.] <https://www.mazzellacompanies.com/learning-center/what-is-an-overhead-crane-definition-types-components/https://www.mazzellacompanies.com>.
7. MAZZELLA COM, M.. <https://www.mazzellacompanies.com>. [En línea] Mazzella Companies, 28 de Diciembre de 2017. [Citado el: 10 de Mayo de 2022.] <https://www.mazzellacompanies.com/learning-center/upgrade-capacity-overhead-crane/>.
8. CMAA 70, Crane Manufacturers Association of America . *Specification for top Running Bridge and Gantry Type Multiple Girder Electric Overhead Traveling Cranes*. Carolina del Norte: CMAA, 2009.
9. HOFFMAN, Pentair. Standards Organization Summary and Directory Overview. [En línea] Hoffman, 2015. [Citado el: 09 de Mayo de 2022.] <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.panelfabricator.com/skin/frontend/default/panel-fab/images/pdfs/specs/hoffman-enclosure-nema-rating-definitions.pdf>.
10. CMAA 70, Crane Manufacturers Association of America. *Buyer’s Guide for Top Running & Gantry Type Multiple Girder Electric Overhead Traveling Cranes*. Carolina del Norte: CMAA, 2008.
11. CMAA 78, Crane Manufacturers Association of America . *Standards and Guidelines for Professional Services Performed On Overhead and Traveling Cranes and Associated Hoisting*

*Equipment*. Carolina Del Norte: CMAA, 2008.

12. ELAN SA. Grados de Protección IP y Clase de Aislación. [En línea] ELANELECTRIC S.A. SANTIAGO, 2015. [Citado el: 20 de Febrero de 2022.] <https://www.elan.cl/>.

13. NEC., National Electrical Code-USA. ARTICLE 610 Cranes and Hoists. [En línea] 2017. [Citado el: 09 de Mayo de 2022.] <https://thiendang.net/download/14959/>.

14. ASME B30.2, Overhead and Gantry Cranes . ASME USA. [En línea] Washington, D.C., 09 de Agosto de 2005. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/asm e.b30.2.2005.pdf>. CFR 1926.1438.

15. PARRA, C. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)*. Cuajone-Moquegua: ASME International, 2002.

16. MARTÍNEZ, L. *Métodos de Inferencia Para la Distribucion Weibull: Aplicacion en Fiabilidad Industrial*. Tesis para optar el Máster en Estadística. Vigo: Universidad de Vigo, 2011.

17. LOPEZ, L y FLETTE, P. *Unidad SAP\_SKF & ISO 14224*. Lima: SKF Internacional, 2014.

18. BENITES, R, DÍAZ, A. y CABRERA, J. Metodología Para el Cálculo de la Mantenibilidad. *Ingeniería Mecánica*. 19(2), mayo-agosto, 2016, p. 78-84. La Habana: Instituto Superior Politécnico José A.Echevarría, 2010.

19. ASME, C. *Técnicas modernas en Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad*. Lima: ASME Setting the standard, 2013.

20. GARCIA, S . La vida util de una planta industrial. [En línea] *Reportero Industrial*, Noviembre de 2016. [Citado el: 20 de Abril de 2022.] <https://www.reporteroindustrial.com/blogs/Fórmulas-de-calculo-de-indicadores-de-disponibilidad+115450N.º:~:text=La%20f%C3%B3rmula%20real%20es%20MTTR,tu%20equipo%20resuelve%20las%20fallas..> Vol. 84-Ed. 5.

21. HAWKINS, B. *Physical Asset Management, What Does ISO 55000 Mean for the M&R Practitioner?*. Orlando, Florida: SMRP Annual Conference , 2014.

22. EMH, Incorporate USA. *Electrics Bridge Panel 70T(35T + 35T) ZSK Crane Kit Hoist 1&2*. Moquegua: EMH., 2017. Type EH8400V-142.82.200.HF.

23. RYSEL. Variadores de Velocidad (VFD). [En línea] RYSEL SAT, 2014. [Citado el: 09 de Mayo de 2022.] chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://www.rysel-sat.es/udecontrol\\_datos/FileManager/pdf/VARIADORES-DE-VELOCIDAD.pdf](https://www.rysel-sat.es/udecontrol_datos/FileManager/pdf/VARIADORES-DE-VELOCIDAD.pdf).

24. *Best Practices in Electrical Equipment Reliability*. RIC, Bryant. Orlando-Florida: SMRP Annual Conference, 2014.

25. PARRA, C., y otros. *Revisión del Impacto de los costos de fiabilidad (ACCV)*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2015. .
26. PARRA, C. *Técnicas de Ingeniería de confiabilidad aplicadas en el análisis de costos de ciclos de vida (ACCV) de un Activo Industrial*. Bogotá: INGEMAN, 2012. .
27. PARRA, C. *Desarrollo de modelos de cuantificación económica del factor “fiabilidad” en el coste de un ciclo de vida de un sistema de producción*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2009.
28. ABAD, M. *Connecting Asset Management to Operational Excellence*. O’HANLON, Terrence y. Orlando-Florida: SMRP Annual Conference , 2014. .
29. MOVITECNICA , Distribuidor EMH. INC. *Control Topografico de Rieles de Rodadura en Molinos Norte-Cuajone*. Moquegua: Movitecnica, 2017.
30. MOVITECNICA, Distribuidor EMH. INC. A. *Requisición y Orden de compra, Modernización Grúas Puente CAP. 70 tons*. Moquegua: Movitecnica, 2016. 0140/2016.
31. MOVITECNICA, Distribuidor EMH. INC. C. *Repuestos Grúas EMH 35TN + 35TN Molino Norte*. Moquegua: Movitecnica, 2018. 0086.18-UNS.
32. MOVITECNICA, Distribuidor EMH. INC. B. *Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tons*. Moquegua: Movitecnica, 2018. GP-04-009-LM17.
33. MOVITECNICA, Distribuidor EMH. INC. D. *Arreglo Modernización de Grúas Puente Cap. 70 TN*. Moquegua: Movitecnica, 2018. P0400917-01.
34. MINISTERIO de Trabajo y Promoción del Empleo. *Política y Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Lima: Biblioteca Nacional Del Perú N.º 2018, 2021. N.º 002-2013-TR.
35. MINISTERIO de Justicia , Perú. Anexo N.º 7 Formato Iperc Continuo. [En línea] Ministerio de Justicia, 2016. [Citado el: 09 de Mayo de 2022.] chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://spij.minjus.gob.pe/Gráficos/Peru/2016/Julio/28/DS-024-2016-EM-ANEXO-7.pdf.
36. MINISTERIO de Energia y Minas. D.S. N.º 023-2017-EM. [En línea] Ministerio de Energia y Minas, 2017. [Citado el: 12 de Mayo de 2022.] chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/LEGISLACION/2016/RSSO\_2017.pdf.

## ANEXOS

### CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Cuajone 06 de febrero del 2023.

Yo, Marco Antonio Figueroa Quijada identificado con CE N°002205013, como Director de Operaciones del Área Cuajone de la empresa Southern Copper Corporation (RUC:20100147514) – GRUPO MEXICO, autorizo al señor Willy Alberto Flores Cáceres con DNI N° 29737922 y al señor Luis Enrique Alviz Ñaupá, con DNI N° 47271565 para el uso de figuras, planos, diagramas eléctricos, fotos, softwares y datos históricos de la grúa de la empresa Southern Copper Corporation – GRUPO MEXICO.

PARA EL DESARROLLO DE SU TESIS TITULADA: "Modernización de Grúa Eléctrica, doble gancho, doble carro 70 toneladas, Concentradora Cuajone", como Ingenieros Electricistas.

En virtud de esta autorización, el estudiante se compromete a lo siguiente:

1. No divulgar ni usar para fines personales la "Información Confidencial" que, con objeto de la relación o actividad académica, le fue suministrada por parte de la Empresa.
2. No proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente o a través de cualquier medio de comunicación, información alguna de las actividades y/o procesos de cualquier clase que fuesen observadas en la empresa durante la duración del proyecto.
3. No utilizar completa o parcialmente ninguno de los productos (documentos, metodología, procesos y demás) relacionados con el proyecto. El estudiante asume que toda información y el resultado del proyecto serán de uso exclusivamente académico.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa;

Se emite este documento para los fines que los señores Willy Alberto Flores Cáceres y Luis Enrique Alviz Ñaupá, consideren necesarios.

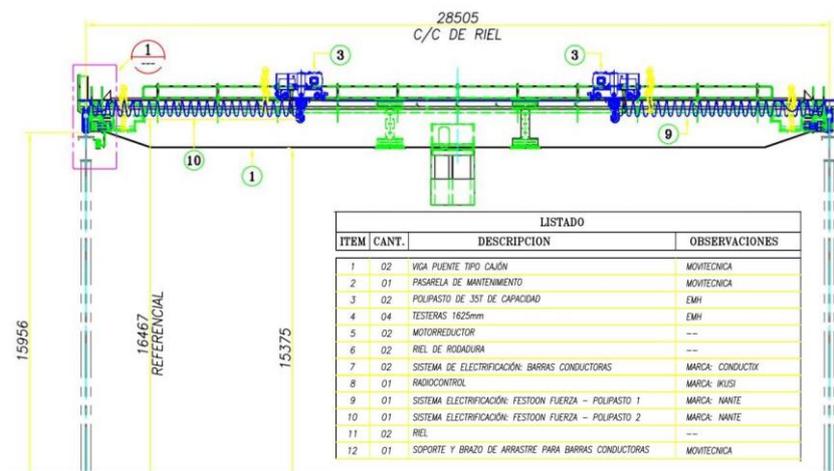
Sin otro particular me despido.

Atentamente.

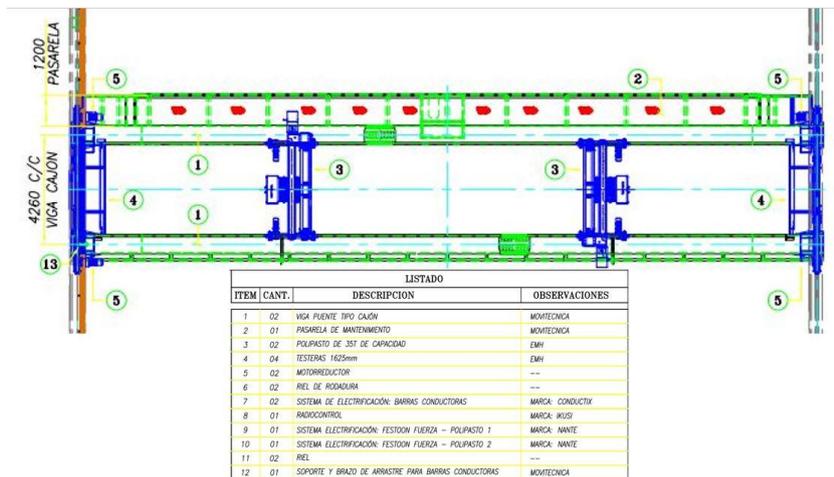
\_\_\_\_\_  
Marco Antonio Figueroa Quijada  
Director de Operaciones Cuajone  
Southern Peru Copper Corporation



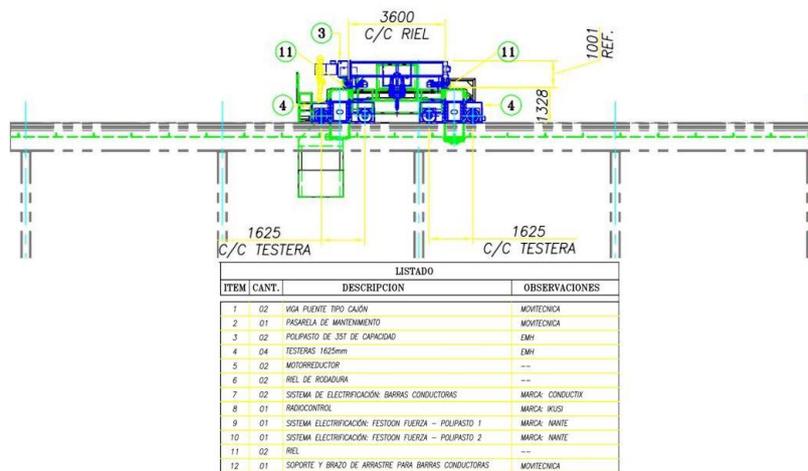
Figura 93: Carta de autorización de uso de información de empresa. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 94:** Vista Frontal de Grúa Modernizada. Fuente: Arreglo Modernización de Grúas Puente Cap. 70 TN, Movitecnica, 2018.



**Figura 95:** Vista Superior de Grúa Modernizada. Fuente: Arreglo Modernización de Grúa Puente Cap. 70 TN, Movitecnica, 2018.



**Figura 96:** Vista Lateral Izquierda de Grúa Modernizada. Fuente: Arreglo Modernización de Grúa Puente Cap. 70 TN, Movitecnica, 2018.

DATOS TÉCNICOS	
CAPACIDAD	: 70,000 kg
LUZ	: 28.501 m
RECORRIDO	: 250 m
IZAJE REQUERIDO	: 18 m
IZAJE DISPONIBLE	: 18 m
VOLTAJE ALIMENTACIÓN	: 460 VAC-3-60Hz
VELOCIDAD DE LEVANTE	: 0 - 7.0 m/min
VELOCIDAD DE TRASLACIÓN CARRO	: 0 - 48.8 m/min
POTENCIA MOTOR DE IZAJE	: 40 HP
POTENCIA MOTOR DE TROLLEY	: 2X2 HP
VOLTAJE DE CONTROL	: 110 V
VELOCIDAD DE TESTEROS	: 0 - 24.3 m/min
MODELO DE POLIPASTO	: EH8400V.142.82.100.HF
MODELO DE TESTEROS	: INTEGRADO DE BAJO PERFIL
CLASIFICACIÓN DE SERVICIO	: CMAA 'D' SERVICIO PESADO

**Figura 97:** Especificaciones de Grúa Modernizada. Fuente: Arreglo Modernización de Grúa Puente Cap. 70 TN, Movitecnica, 2018.

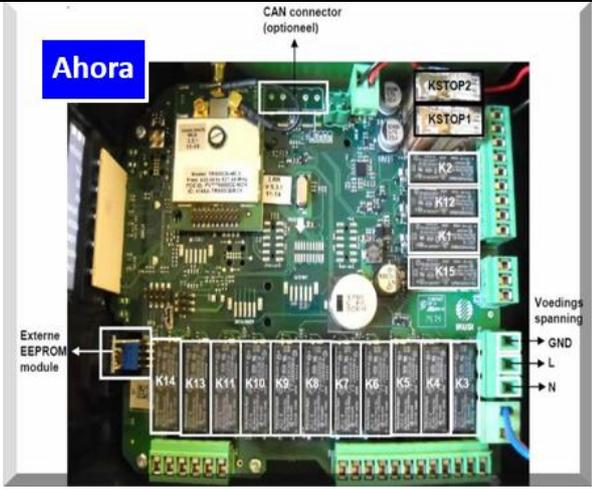


**Tabla 43:** Resultado 5.15.8 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

 <p style="text-align: right;"><b>Antes</b></p>	 <p style="text-align: left;"><b>Ahora</b></p>
<p>Control Manual con levas y contactos eléctricos, para las 4 velocidades de giro derecho e izquierdo del motor correspondiente total 4 mandos independientes.</p>	<p>Control Remoto para todos los movimientos derecho e izquierdo de todos los 10 motores controlados con los 5 VFDs correspondientes, <i>display</i> con función de movimiento y tonelaje en pantalla.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 44:** Resultado 5.15.6 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

 <p style="text-align: right;"><b>Antes</b></p>	 <p style="text-align: left;"><b>Ahora</b></p>
<p>Interfaz del control remoto antiguo marca Catron, conformado por 29 relés electromecánicos. 100X90 cm.</p>	<p>Interfaz del control remoto nuevo Ikusi, sobre tarjeta electrónica, conformado por 14 relés de estado sólido. 25X20 cm.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 45:** Resultado 5.2.1.3 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Reductor mecánico acoplado al tambor de Izaje.</p>	<p>Motorreductor acoplado al tambor de Izaje.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 46:** Resultado 5.2.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúas puente eléctrico

	
<p>Circuito rectificador de freno, consta de transformador, contactor AC, contactor DC, rectificador de Selenio, fabricado por Square D.</p>	<p>Circuito rectificador de freno integrado en la caja de conexiones de cada motor Entrada 460 VAC, Salida 200 VDC.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 47:** Resultado de acondicionamiento viga principal de Grúa.

 <p>Antes</p>	 <p>Ahora</p>
<p>Una de las 2 vigas principales originales fabricados en Inglaterra, hace 42 años, peso 30 Tn cada una.</p>	<p>Una de las 2 vigas principales verificada por NDT, arenada, topografiada, acondicionada y 4 capas de pintura.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 48:** Resultado ensamble de dos vigas Grúa Punte.

 <p>Antes</p>	 <p>Ahora</p>
<p>Vigas antiguas originales, nótese que no tienen plataformas de mantenimiento, por seguridad.</p>	<p>Vigas originales reacondicionadas, nótese que ha adicionado plataformas de mantenimiento, por seguridad.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 49:** Resultado desmontaje-montaje Viga principal Grúa.

	
<p>Elevación de 1 de las vigas principales, extraída previo retiro de tijerales, luminarias y techo de la nave de Molinos.</p>	<p>Descenso de 1 de las vigas principales modificada, previo retiro de tijerales, luminarias y techo de la nave de Molinos.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50:** Resultado desmontaje-montaje Polipasto principal Grúa.

	
<p>Carro único original fabricado por Vaughan en Inglaterra, consta de 2 ganchos, 2 tambores enrollamiento, 3 motores rotor bobinado. Peso 20 Tn. Dimensiones 3.8X5X1.6 m.</p>	<p>Uno de los 2 carros independientes con su gancho, 1 tambor enrollador, 1 motor izaje y 2 motores de desplazamiento. Peso 4.2 Tn. Fabricado por EMH USA. Dimensiones 3.6X2.2x1.2 m.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51:** Resultado desmontaje-montaje en piso Polipasto principal Grúa.

 <p><b>Antes</b></p>	 <p><b>Ahora</b></p>
<p>Carro único con 2 ganchos, 20 toneladas de peso extraído para dar de baja.</p>	<p>Uno de los 2 carros independientes, 4.2 toneladas de peso nuevo.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 52:** Resultado detalle de ambos Polipastos Grúa.

 <p><b>Antes</b></p>	 <p><b>Ahora</b></p>
<p>Grúa original 70 Tn. 1 carro, Marca Vaughan-England, ganchos sobredimensionados, 8 cables de 1 pulgada.</p>	<p>Grúa modernizada 70 Tn. 2 carros, Marca EMH-USA, ganchos compactos, 8 cables de 7/16 pulgada.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 53:** Resultado 5.2.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúa.

 <p data-bbox="220 824 331 891"><b>Antes</b></p>	 <p data-bbox="799 824 911 891"><b>Ahora</b></p>
<p>Panel rectificador de Selenio independiente externo por cada motor, para bobina de freno de zapatas.</p>	<p>Rectificador integrado en cada caja de conexiones para freno de disco por cada motor, acoplado al eje respectivo y ventilador.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 54:** Resultado desmontaje-montaje Viga principal Grúa.

 <p data-bbox="220 1653 331 1720"><b>Antes</b></p>	 <p data-bbox="1198 1653 1310 1720"><b>Ahora</b></p>
<p>Retiro de 1 de las vigas principales (28 metros) sobre la nave de Molinos lado Sur.</p>	<p>Ingreso de 1 de las vigas principales modernizada, sobre la nave de Molinos lado Sur.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 55:** Resultado 5.2.1 de la Norma CMAA-70-2009 Grúa.

 <p><b>Antes</b></p>	 <p><b>Ahora</b></p> <p>2020-05-09</p>
<p>Resistencias de saltos de velocidad 6 cuerpos, fabricadas por Allenwest, Prestwick England, vigente.</p>	<p>Resistencia de frenado dinámico del Motor de 40 HP de 1 de los Ganchos, controlado por VFD, EMH Ohio-USA.</p>

Fuente: Elaboración propia

<b>COMPANIA COMPANY</b> SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL PERU AV. CAMENOS DEL INCA N° 171, SANTIAGO DE SURCO, LIMA 33, PERU. TEL: +51 (1) 512-0440. FAX: +51 (1) 512-0478 / 512-8120. R.U.C. 20100147514		<b>ORDEN DE COMPRA PURCHASE ORDER</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>MODIFICACION CHANGE ORDER</b> <input type="checkbox"/> OC No. P.O. No. <b>CDCU-P36-Z14-4100135467</b> A.P. No. FECHA OC 24/03/2017 P.O. Date FECHA COT. Q.DATE	Pag: 1/10  <b>IMPORTANTE</b> SIRVASE INDICAR EL NO DE ORDEN DE COMPRA EN TODA CORRESPONDENCIA Y DOCUMENTOS RELACIONADOS CON LA MISMA  <b>IMPORTANT</b> PURCHASE ORDER NUMBER MUST APPEAR ON ALL CORRESPONDENCE, INVOICES, BILLS OF LADING AND PACKAGES				
<b>PROVEEDOR VENDOR</b> 9758 RUC 20190172543 MOVITECNICA S.A. AV. CAMENO REAL 456, TORRE REAL SAN ISIDRO LIMA - 27 PE 3260220 EXT219 Email: jlopez@movitecnica.com.pe		<b>COTIZACION No. QUOTATION No.</b> <b>CONDICION DE ENTREGA FREIGHT TERMS</b> CUA ENTREGA EN CUAJONE <b>TIPO DE TRANSPORTE SHIP VIA</b> ENTREGA DIRECTA EN CUAJONE					
<b>CONSIGNAR A CONSIGN TO</b> SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, SUCURSAL DEL PERU/ALMACEN TOQUEPALA #5N VILLA TOQUEPALA, JORGE BASADRE, #LABAYA, TACNA, PERU/ ALMACEN CUA CD MRO. SIN VILLA BOTIFLACA (UNIDAD MINERA)		<b>CONDICIONES DE PAGO PAYMENT TERMS</b> Z101 PAGO INMEDIATO FECHA FACTURA <b>FACTURAR A INVOICE TO</b> SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL PERU AV. CAMENOS DEL INCA 171 LIMA LIMA 33 28 PE 20190147514					
<b>ENVIAR FACTURA A SEND INVOICE TO</b> AV. CAMENOS DEL INCA N° 171, CHACARILLA DEL ESTANQUE, SANTIAGO DE SURCO, LIMA 33, PERU TLF: +51 (1) 512-0440		<b>FECHA EMBARQUE SHIPPING DATE</b> 19/06/2017	<b>REQ. INSPECCION INSPECTION REQUIRED</b> <input type="checkbox"/>	<b>MONEDA CURRENCY</b> USD	<b>POLIZA INSURANCE POLICY</b>		
PART ITEM	No. INVENT. / REQ STOCK No. / REQ	DESCRIPCION DESCRIPTION	UNIDAD UNIT	CANTIDAD QUANTITY	PRECIO UNITARIO UNIT PRICE	TOTAL TOTAL VALUE	ENTREGA DELIVERY
1	10275873-1-60000213	REF. SU OFERTA 40000112846 DE FECHA ENERO 21, 2017 UG MODERNIZACION GRUA PUENTE MODERNIZACION DE LA GRUA PUENTE DEL MOLINO NORTE GRUA DE 70 TON BIRRIEL (DOBLE VIGA) 18 M DE LEVANTE, 25 M. DE LUZ INCLUYE: PUESTA EN OPERACION PRUEBAS, CAPACITACION, ASISTENCIA POST VENTA. 3 JUEGOS DE MANUALES, DE PARTES, OPERACION, MANTENIMIENTO, LISTA DE PARTES RECOMENDADAS Y TODA LA LITERATURA NECESARIA PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA GRUA. Valor Neto/Net Value IVA/IGV/TAXABLE 18 % Total del Pedido/Total PO  TERMINOS DE PAGO: 30% ( US\$ 165,000) Adelanto con la aprobacion de la Orden de Compra y presentacion de una Carta Fianza emitida por un banco de primera linea. El vencimiento de la Carta Fianza sera en la fecha de la entrega del equipo. 70% ( US\$ 385,000 ) Pago a 60 dias despues de la entrega de los equipos y con la conformidad del usuario.  OBSERVACIONES :CLAUSULAS COMPLEMENTARIAS :  SE ADJUNTAN CLAUSULAS COMPLEMENTARIAS PARA SERVICIOS REALIZADOS EN NUESTROS INSTALACIONES.  ENTRENAMIENTO:	C/U	1.000	550,000.00	550,000.00	19.06.2017
						550,000.00	
						99,000.00	
						649,000.00	
<b>NOMBRE DEL VENDEDOR SELLER</b> JUAN CARLOS LOPEZ		<b>TELEFONO TELEPHONE</b> 3260220,,2	<b>COMPRADOR BUYER</b> JUAN JOSE ARTEAGA ALMEIDA J.Arteaga@southernperu.com.pe		<b>TELEFONO TELEPHONE</b> +51(1)512-0440 EXT 3220		
<b>AUTORIZACIONES AUTHORIZATIONS</b>  MARIO RICARDO RONDON FRANCISCO ARTURO CUETO ASERVI							

Figura 101: Oferta Económica de modernización de Grúa puente. Fuente: Requisición y Orden de compra, Modernización grúa puente CAP. 70 TON, Movitecnica, 2016

	<b>INFORME TÉCNICO DE MONTAJE</b>	<b>Cod. Proy:</b> GP-04-009-LM17
	<b>Proyecto:</b> <b>Modernización grúa puente de 70t. Molinos norte</b> <b>Southern Cujone</b>	<b>Fecha:</b> 02/05/18

### 1. PROYECTO

<b>NRO. PROYECTO</b>	GP-04-009-LM17		
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	Modernización de grúa puente de 70T de capacidad Molinos Norte		
<b>CLIENTE</b>	Southern Peru Copper Corporation	U.M - ZONA	Cujone
<b>NRO. OC</b>	4100135467		

### 2. ANTECEDENTE DEL PROYECTO

El cliente tiene en la planta de molinos de concentradora de Cujone, dos grúa puente. La grúa puente en el lado norte de la nave se requiere modernizar para mejorar su rendimiento y cumplir con las normativas modernas. Solicita a Movitécnica suministrar y montar el crane kit de una grúa puente de 35+35t de capacidad con las siguientes características: 28.5m de Luz, 18m de izaje y 250m de recorrido. Tensión de alimentación eléctrica 440VAC, 3Ø, 60Hz

El presente documento contiene las Especificaciones Técnicas Básicas para la operación de la grúa puente birriel 35+35t.

### 3. ALCANCE DEL SUMINISTRO

Desmontar la grúa puente existente en la planta de Molinos lado Norte. Arenar y pintar las estructuras de la grúa puente, realizar el cambio de boogues, motores y todo el sistema de electrificación, instalación de los nuevos polipastos y modernizar la cabina de control. Instalar el nuevo sistema de electrificación transversal y alinear los rieles de rodadura de la nave.

#### GRUA PUENTE DE 35+35t DE CAPACIDAD

Descripción	Marca	Modelo	Año de fabricación
Polipasto de 35t de capacidad	EMH	EM8400V-143.82.200.HF	2017
Testerías	EMH	UHB.500.750.5000.6.31.4	2017
Sistema de electrificación tipo Festoon – longitudinal	CONDUCTIX	SAFE LEC	2017

*Figura 102: Informe técnico de Montaje de Grúa puente. Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.*

## Certificado de Garantía

### De Producto

**MOVITECNICA S.A.** importa y comercializa equipos y accesorios de izaje, sistemas de electrificación, carretillas hidráulicas, fajas transportadoras entre otros productos.

Por la presente **MOVITECNICA S.A.**, hace constar que este producto ha sido manufacturado bajo las normas y especificaciones establecidas por nuestros proveedores y garantiza el normal funcionamiento de este equipo.

**MOVITECNICA S.A.** se hace responsable durante el período de (24) meses, contra cualquier defecto de fabricación o falla de funcionamiento en situaciones normales especificadas en el Manual de Servicio y Mantenimiento del Equipo o Manual de Uso y Partes, a partir de la fecha de entrega al cliente certificada por la factura.

Para hacer efectiva esta garantía el usuario final deberá comunicarse con el Área de Atención al Cliente, al teléfono (+511 221-4800 anexo 217), siempre y cuando cumpla con las condiciones anexas.

### Información del Producto

**Producto:** GRUA PUENTE BIRRIEL DE 70 TON. (GP-04-009-LM17)

**Modelo:** EM8400V-143.82.200.HF

**Serie:** 175103

**Marca:** EMH **Fecha de Entrega:** 17.04.2018



**Movitecnica**  
Productos Industriales

LUIS VLADIMIR MENDOZA ROMAN  
INGENIERO  
MECANICO ELECTRICISTA  
Reg. CIP N° 184087

EN CASO DE RECLAMO DE GARANTÍA  
ESTE CARTA DEBE CONSERVARLO EL USUARIO FINAL  
[www.movitecnica.com.pe](http://www.movitecnica.com.pe)  
[reclamos@movitecnica.com.pe](mailto:reclamos@movitecnica.com.pe)

**Figura 103:** Certificado de Garantía de Grúa puente. Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.

**ACTA DE CONFORMIDAD POR SERVICIO DE MODERNIZACIÓN DE GRÚA PUENTE 70T**

SEÑORES : SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION  
 FECHA : 17-04-2018

Conste por el presente documento, que en la fecha se está recibiendo el trabajo correspondiente a la orden de servicio PO4100135467, otorgado a la empresa Movitécnica S.A.

Se ha pintado la estructura del puente grúa, se han instalado los dos polipastos nuevos con sus sistemas de electrificación, se han alineado los rieles de la nave y se ha instalado el sistema electrificación de la grúa puente, en la planta de molinos de la unidad Cuajone de Southern Peru, conforme se indica en la propuesta económica **N°0140\_2016rev 1**, y que se detalla a continuación:

**1. UNIDADES DE LEVANTE**

Equipo : Polipasto eléctrico birriel  
 Marca : EMH  
 Modelo : EM8400V-143.82.200.HF  
 Número de serie : **175103**  
 Unidades : 2  
 Capacidad : 35 Toneladas métricas  
 Altura de levante : 19.8 metros bajo gancho.  
 Clasificación de servicio : CMAA "D"

Componentes:

i) MOTOR DE IZAJE PRINCIPAL

Marca : NORD  
 Potencia : 40HP  
 Velocidad : 14 FPM (VFD)  
 Tensión de operación: 460 V

ii) MOTORES TROLLEY

Potencia del motor de traslación : 1.5HP  
 Velocidad de traslación : 80 VFD

**2. SISTEMA DE TRASLACIÓN LONGITUDINAL**

i) BOOGUIES

Tipo : UHB.500.750.5000.6.13.4  
 Unidades : 4

ii) MOTORES BOOGUIES

Potencia del motor de traslación : 4 x 7.5HP  
 Velocidad de traslación : 160 VFD

**Figura 104:** Acta de conformidad de Modernización de grúa puente (a). Fuente: Requisición y Orden de compra, Modernización grúa puente CAP. 70 Tn, Movitecnica, 2016

### 3. SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN LONGITUDINAL

Tipo : 4 Barras conductoras Safe Lec Hevi bar II  
 Marca : Conductix  
 Recorrido : 250m

Las actividades de montaje ejecutadas hasta la puesta en operación satisfactoria son:

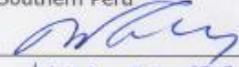
- Desmontaje de grúa puente y polipasto existentes.
- Alineamiento de rieles de la nave.
- Montaje de barras conductoras.
- Pintado de estructuras de grúa puente
- Instalación de grúa puente.
- Instalación de polipastos nuevos.
- Pruebas de carga.
- Protocolos de entrega.

Las actividades pendientes hasta la fecha son:

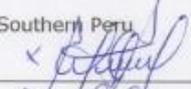
- Culminar la correcta configuración del funcionamiento del display de carga. Fecha límite: 30/04/18.
- Instalar el sistema anticolidión del puente norte al puente sur. Fecha límite: 22/04/18.

Habiéndose ejecutadas las actividades que se describen líneas arriba, correspondiente a la orden de compra N° 4100135467, asimismo siendo aceptada la inspección de componentes y pruebas del polipasto conforme al protocolo N° PP-0400917-01, damos por concluido los trabajos en la misma. Las partes presentes manifiestan estar de acuerdo por lo que en pleno conocimiento y conformidad el cliente queda satisfecho y recibe el servicio, para que así conste firman esta acta.

Recibida/Southern Peru

Firma :   
 Nombre: **WILLY FLORES**  
 Cargo : **PLANNER MANT. CONC**

Recibida/Southern Peru

Firma :   
 Nombre: **MATIAS CALLE**  
 Cargo : **JEFE-GRAL. DE MANTO**

Entregada/Movitecnica S.A.

Firma :   
 Nombre: **Marc Ferrau Moragues**  
 Cargo : **Ing. Residente**

Entregada/Movitecnica S.A.

Firma : \_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Cargo : \_\_\_\_\_

**Figura 105:** Acta de conformidad de Modernización de grúa puente (b). Fuente: Requisición y Orden de compra, Modernización grúa puente CAP. 70 tn, Movitecnica, 2016

# EMH Warranty Statement

Unless otherwise specified, EMH only and solely guarantees that the product is free from material defects in design, materials and workmanship with normal use, proper maintenance and service. A corrosive or abrasive environment is not normal. This warranty will not apply to products that are not repaired at EMH's plant, or without EMH's instructions, or in EMH's sole judgment, affects serviceability, or without explicitly following the manual(s) provided. The warranty is only limited to twelve months for single shift operation but parts shall not exceed the original warranty date or the shorter of 2,000 hours after installation, or fourteen months after shipment. By ten days after defect is found, or reasonably should have been found, EMH must be notified. Defective product or parts will be returned f.o.b., EMH factory. Buyer must immediately respond to EMH's requests for information or Buyer waives acceptance. Continued use after a defect is a warranty waiver. Sole compensation is by replacing or repairing faulty items free. EMH is not liable for damages in excess of the original sale price or for any consequential damages. EMH is not liable for any work done by others without EMH's OK in writing. If Buyer destroys, intentionally or not, any evidence about the origin of the purported defect, or tries to conceal or alter evidence of cause, this warranty is canceled and Buyer has no claim. Jurisdiction of the parties and venue is agreed to in common pleas court, Medina, Ohio using Ohio law.

**ALL OTHER REPRESENTATIONS, EXPRESS OR IMPLIED, WARRANTY, OR LIABILITY RELATING TO THE CONDITIONS OR USES OF THE PRODUCT ARE SPECIFICALLY DISAVOWED, AND IN NO EVENT SHALL EMH AND OR EMH'S AUTHORIZED DISTRIBUTORS BE LIABLE TO BUYER, OR ANY THIRD PARTY, FOR ANY DIRECT OR INDIRECT CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES.**



*Figura 106: Declaración de garantía EMH. Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.*

	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	Cod. Proy: GP-04-009-LM17
	Proyecto: <b>Modernización de grúa puente de 70t de capacidad.          Molinos Norte.          Southern Cujone</b>	Fecha: 02/05/18

#### 1. PROYECTO

<b>NRO. PROYECTO</b>	GP-04-009-LM17		
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	Modernización de grúa puente de 70T de capacidad Molinos Norte		
<b>CLIENTE</b>	Southern Peru Copper Corporation	U.M - ZONA	Cujone
<b>NRO. OC</b>	4100135467		

#### 2. ANTECEDENTE DEL PROYECTO

El cliente tiene en la planta de molinos de concentradora de Cujone, dos grúa puente. La grúa puente en el lado norte de la nave se requiere modernizar para mejorar su rendimiento y cumplir con las normativas modernas. Solicita a Movitécnica suministrar y montar el crane kit de una grúa puente de 35+35t de capacidad con las siguientes características: 28.5m de Luz, 18m de izaje y 250m de recorrido. Tensión de alimentación eléctrica 440VAC, 3Ø, 60Hz

El presente documento contiene las Especificaciones Técnicas Básicas para la operación de la grúa puente birriel 35+35t.

#### 3. OBJETIVO

Desmontar la grúa puente existente en la planta de Molinos lado Norte. Arenar y pintar las estructuras de la grúa puente, realizar el cambio de boogües, motores y todo el sistema de electrificación, instalación de los nuevos polipastos y modernizar la cabina de control.

#### 4. DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO	ORDEN DE COMPRA
"MODERNIZACIÓN DE GRÚA PUENTE CAP. 70 MOLINOS NORTE CONCENTRADORA CUAJONE"	PO4100135467

#### 5. EQUIPOS INSTALADOS

N°	EQUIPO	DETALLE DEL EQUIPO
1	Dos (02) polipastos eléctricos birriel a cable con carro de traslación eléctrico integrado de bajo perfil marca EMH, modelo EM8400V-143.82.200.HF de 35t de capacidad cada uno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gancho de 35t de capacidad.</li> <li>- Altura de izaje de 19m.</li> <li>- Trocha (gauge) de trolley 3'600mm</li> <li><u>Polipasto - Izaie</u></li> <li>- Modelo: EM8400V-143.82.200.HF</li> <li>- Un motor eléctrico de 40HP.</li> <li>- Control de velocidad con variador de frecuencia VFD, de 0 hasta 4.25 m/min (14 FPM) con carga al 100%.</li> <li>- Función ZIP instalada en el variador, con una velocidad de 7 m/min, con hasta el 50% de carga.</li> <li>- Motor eléctrico con aislamiento tipo F y protección IP55.</li> </ul>

*Figura 107: Memoria Descriptiva de Proyecto de Modernización de grúa puente (a). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.*

	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	Cod. Proy: GP-04-009-LM17
	Proyecto: <b>Modernización de grúa puente de 70t de capacidad.          Molinos Norte.          Southern Cujajone</b>	Fecha: 02/05/18

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estándar de diseño de polipasto clase 'D' (CMAA).</li> <li>- Peso de gancho 2800 kg.</li> <li>- Arrollamiento de cable de carga 8/2.</li> <li>- Gancho de movimiento vertical TVL.</li> </ul>
	<p><u>Carro de traslación</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dos motores eléctricos de <b>2HP</b> cada uno.</li> <li>- Control de velocidad con variador de frecuencia VFD, de 0 hasta <b>24.38 m/min</b>.</li> <li>- Motor eléctrico con aislamiento tipo F y protección IP55.</li> <li>- Estándar de diseño de polipasto clase 'D' (CMAA).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luz de la grúa puente birriel de <b>28.5m</b></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación eléctrica trifásica <b>440VAC y 60Hz</b>.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensión de control <b>110 VAC</b>.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos diseñados para operar en <b>interior de nave</b>.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los motores cuentan con interruptor termomagnético según sus capacidades.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tablero de control con encerramiento <b>NEMA 4X</b>.</li> </ul>
	<p><u>Incluye:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispositivo de sobrecarga de elevación en los dos ganchos.</li> <li>- Interruptor limitador de recorrido de dos escalones para los movimientos de la grúa puente y del trolley.</li> <li>- Sistemas anticolidión de puente norte a puente sur.</li> <li>- Sistema anticolidión entre polipastos.</li> <li>- Alarma visual color ámbar, identificadora del polipasto al que el radiocontrol esta mandando.</li> <li>- Enchufe de conexión rápido para cable plano de fuerza y control.</li> <li>- Sistema de electrificación transversal tipo 'festoon' de fuerza y control para servicio pesado.</li> <li>- Instalación de tablero de control con joystick en cabina de control de back up.</li> </ul>

**Figura 108:** Memoria Descriptiva de Proyecto de Modernización de grúa puente (b). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.

	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	Cod. Proy: GP-04-009-LM17
	<b>Proyecto:</b> <b>Modernización de grúa puente de 70t de capacidad.</b> <b>Molinos Norte.</b> <b>Southern Cuacone</b>	Fecha: 02/05/18

		- Canalización eléctrica.
		- Diámetro de rueda 500mm.
		- Para riel de rodadura tipo 135-CR
		<u>Buggies para Testeras</u>
		- Cuatro motores eléctricos de 7.5HP cada uno.
		- Control de velocidad con variador de frecuencia VFD, de 0 hasta 48.8 m/min
		- Estándar de diseño de polipasto clase 'D' (CMAA).
		Incluye:
		- Tablero eléctrico para control de motoreductores de testeras con encerramiento Nema 4X.
		- Canalización eléctrica.
2	Un (01) kit de accionamiento para testeras. Buggies. Modelo UHB.500.750.5000.8.31.4	
3	Sistema de electrificación longitudinal	- Sistema de barras conductoras tipo HEVI BAR II. - Recorrido 250m. - Equipos marca Conductix.
4	Accesorios	- Display indicador de peso de 1 cara, cinco (05) dígitos. 150 mm de altura. Unidades en kilogramos. Uso para un gancho individual y con los dos a la vez. - Mando de la grúa mediante Radio control inalámbrico tipo pupitre con Joystick. Selector 1, 2, 1+2 marca HBC BELL. Modelo FST516SA00TC241 Incluye display para lectura de carga.
5	Entregables adicionales	- Dossier del proyecto - Dossier de Operaciones - Certificado de pruebas del polipasto. - Certificado del cable de elevación.. - Certificado de garantía Movitécnica por 24 meses luego de la puesta en operación de los equipos.
6	Servicios adicionales	- Análisis estructural de la grúa puente - Capacitación de operación y mantenimiento. - Evaluación y certificación a los operadores. - Asistencia técnica luego de la puesta en operación.

**Figura 109:** Memoria Descriptiva de Proyecto de Modernización de grúa puente (c). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.

	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	<b>Cod. Proy:</b> GP-04-009-LM17
	<b>Proyecto:</b> <b>Modernización de grúa puente de 70t de capacidad.</b> <b>Molinos Norte.</b> <b>Southern Cujone</b>	<b>Fecha:</b> 02/05/18

**GRUA PUENTE DE 35+35t DE CAPACIDAD**

Descripción	Marca	Modelo	Año de fabricación
2 polipastos de 35t de capacidad	EMH	EM8400V-143.82.200.HF	2017
Testerías	EMH	UHB.500.750.5000.6.31.4	2017
Sistema de electrificación tipo Festoon – transversal	EMH		2017
Sistema de electrificación tipo Festoon – longitudinal	CONDUCTIX	SAFE LEC	2017

*Figura 110: Memoria Descriptiva de Proyecto de Modernización de grúa puente (d). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.*

**PROTOCOLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

**MODERNIZACIÓN GRÚA PUENTE 70T MOLINOS NORTE**

Código : PP-0400917-01  
 Versión : 00  
 Fecha : 13/04/18  
 Página : 6de 14

**Sección 5.0 – AMPERAJE DE LOS MOTORES**

DESCRIPCIÓN	Ø	100% DE CARGA										
		VELOCIDAD			UND	VELOCIDAD			UND	VELOCIDAD		
		RAP	LENT	Ø		RAP	LENT	UND		Ø	RAP	LENT
MOTOR PUENTE DIRECCIÓN NORTE	R	-	8.7	A	S	-	8.6	A	T	-	8.8	A
MOTOR PUENTE DIRECCIÓN SUR	R	-	8.6	A	S	-	8.8	A	T	-	8.8	A
MOTOR TROLLEY "A" DIRECCIÓN OESTE	R	-	4	A	S	-	3.8	A	T	-	3.9	A
MOTOR TROLLEY "A" DIRECCIÓN ESTE	R	-	3.7	A	S	-	3.8	A	T	-	3.9	A
MOTOR TROLLEY "B" DIRECCIÓN OESTE	R	-	4.1	A	S	-	4	A	T	-	3.7	A
MOTOR TROLLEY "B" DIRECCIÓN ESTE	R	-	3.9	A	S	-	3.8	A	T	-	3.8	A
MOTOR PASTECA "A" DIRECCIÓN ASCENSO	R	45.8	14.9	A	S	44.9	13.9	A	T	45.8	14.5	A
MOTOR PASTECA "A" DIRECCIÓN DESCENSO	R	2.2	1.2	A	S	2	1.2	A	T	2.3	1.2	A
MOTOR PASTECA "B" DIRECCIÓN ASCENSO	R	45.2	14.5	A	S	45.0	14.2	A	T	45.8	14.7	A
MOTOR PASTECA "B" DIRECCIÓN DESCENSO	R	2.3	1.2	A	S	2.1	1.1	A	T	2.3	1.3	A

Por razones de seguridad, no se recomienda trabajar en segunda velocidad con el 100% de carga.

**Figura 111:** Protocolo de Pruebas de funcionamiento (a). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.

**Sección 7.0 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS PRUEBAS**



Imagen 1: Cargando 70t

*Figura 112: Protocolo de Pruebas de funcionamiento (b). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.*

**PROTOCOLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

**MODERNIZACIÓN GRÚA PUENTE 70T MOLINOS  
NORTE**

Código : PP-0400917-01  
Versión : 00  
Fecha : 13/04/18  
Página : 9de 14



Imagen 2: Control de la altura de la carga. La carga se mantiene a la altura todo el tiempo.

*Figura 113: Protocolo de Pruebas de funcionamiento (c). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.*



Imagen 4: Colocando las eslingas para la prueba.

*Figura 114: Protocolo de Pruebas de funcionamiento (d). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.*

## EMH TEST AND INSPECTION CERTIFICATE

EMH Job #: 175103 Customer: Modernizac  
Hoist model #: EM6400V.142.82.200.HF Hoist serial #: 17503 Hoist A  
Hoist motor H.P.: 40 Hoist gearbox SNRID #: SK200LX/4 BREDSG HL  
Trolley motor H.P.: 1.5 (2) Trolley motor type: SK 80L/4LX BRE 10 HL  
Bridge motor H.P.: 7.5 (4) Bridge motor type: SK132/4CLX BRE 60 HL  
Bridge panel by: AES Trolley panel by: AES  
Radio type: Ikusi Radio serial #: \_\_\_\_\_

### Hoist Test

Low speed: Up  Down  High speed: Up  Down   
Geared limit switch by: Stromag Ratio: 85:1 Upper: - Slowdown: - Lower: set on install  
Hoist brake operation:  Fuses: 80A Overload size: - Set at: 49.6A  
VFD by: PE Serial #: 1705-134780-335 Accel: 4 Decel: 1  
Power cable gauge: HANG Gearbox oil level:  Encoder by: Nord Model #: -

### Trolley Test

Low speed: Forward  Reverse  High speed: Forward  Reverse  Brakes:   
VFD by: PE Serial #: 1706-135507-574 Overload size: - Set at: 5.2A  
Accel: 5 sec Decel: 5 sec Enclosure type: Nema 4X

### Bridge Test

Low speed: Forward  Reverse  High speed: Forward  Reverse  Brakes:   
VFD by: PE Serial #: 1705-134780-337 Overload size: 9.14 sec 100% Set at: 39.6A  
Accel: 8 sec Decel: 8 sec Enclosure type: Nema 4X

### General

Install drawing:  Panel labels:  Voltage: 460 Hoist data sticker:

### Physical Data

Wire rope: Diameter 16mm Length 589ft Wire rope installed: - Sheave size: 16mm  
Hook DIN #: V12 Collector pole: - Bridge wheel width: 3 3/4"  
Runway rail size: 2.95" x 6.30" Bridge end truck wheelbase: 215 3/4" Trolley gauge: 141 3/4"  
"C" dimension: - Capacity stickers: Hoist 35mt Lower block 35mt

System tested by: MS JZ Witnessed and approved by: SA  
Date: 10/24/17

EMH  
550 Crane Drive  
Valley City, Ohio 44280

Figura 115: Certificado de pruebas de inspección (a). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.

## EMH TEST AND INSPECTION CERTIFICATE

EMH Job #: 175103 Customer: Movitecnica  
Hoist model #: EM8400V.142.82.200-HF Hoist serial #: 175103 Hoist B  
Hoist motor H.P.: 40 Hoist gearbox SNRID #: SK200LX4 BRE 250 HL  
Trolley motor H.P.: 1.5 (2) Trolley motor type: SK80L14C45 BRE 10 HL  
Bridge motor H.P.: — Bridge motor type: —  
Bridge panel by: — Trolley panel by: AES  
Radio type: — Radio serial #: —

### Hoist Test

Low speed: Up  Down  High speed: Up  Down   
Geared limit switch by: Stramag Ratio: 85:1 Upper: — Slowdown: — Lower: set on install  
Hoist brake operation:  Fuses: 80A Overload size: — Set at: 49.6A  
VFD by: PE Serial #: 1705-134790-336 Accel: 4 Decel: 1  
Power cable gauge: 4AWG Gearbox oil level:  Encoder by: Nord Model #: —

### Trolley Test

Low speed: Forward  Reverse  High speed: Forward  Reverse  Brakes:   
VFD by: PE Serial #: 1706-135570-573 Overload size: — Set at: 5.2A  
Accel: 5 sec Decel: 5 sec Enclosure type: Nema 4X

### Bridge Test

Low speed: Forward  Reverse  High speed: Forward  Reverse  Brakes:   
VFD by:  Serial #:  Overload size:  Set at:   
Accel:  Decel:  Enclosure type:

### General

Install drawing:  Panel labels:  Voltage: 460 Hoist data sticker:

### Physical Data

Wire rope: Diameter 16mm Length 589ft Wire rope installed: — Sheave size: 16mm  
Hook DIN #: V12 Collector pole: — Bridge wheel width: —  
Runway rail size: — Bridge end truck wheelbase: — Trolley gauge: 1413/4"  
"C" dimension: — Capacity stickers: Hoist 30MT Lower block 30MT

System tested by: MS JZ Witnessed and approved by: SA  
Date: 10/24/17

*Shipped with load cell not working*

**EMH**  
550 Crane Drive  
Valley City, Ohio 44280

**Figura 116:** Certificado de pruebas de inspección (b). Fuente: Memoria Descriptiva Modernización de grúa puente de 70 Tn, Movitecnica, 2018.





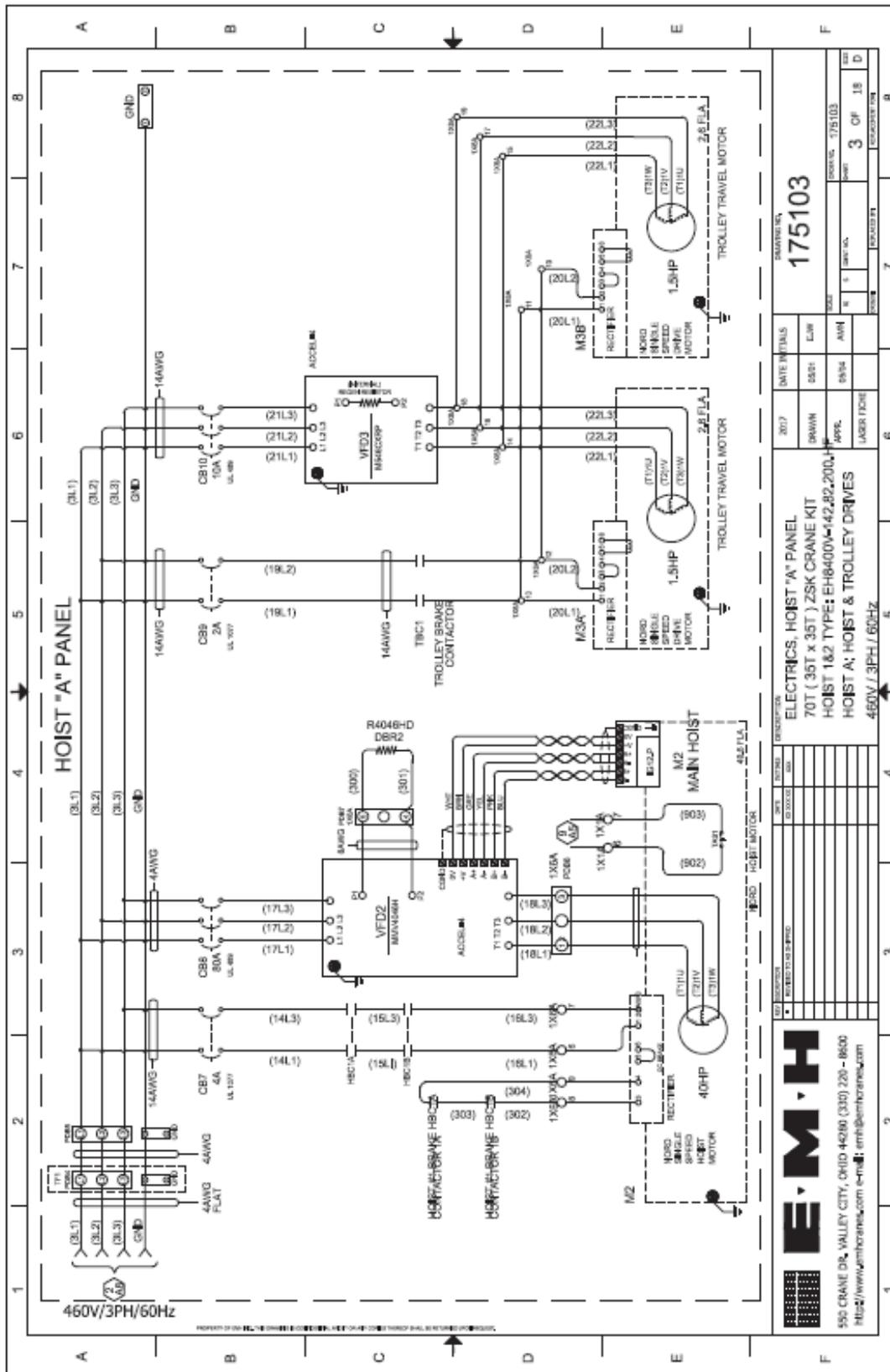


Figura 119: Plano eléctrico de alimentación de motores de 40 y 1.5 HP grúa puente (carro 1).  
 Fuente: Arreglo Modernización de grúa puente Cap. 70 Tn, Movitecnica, 2018.



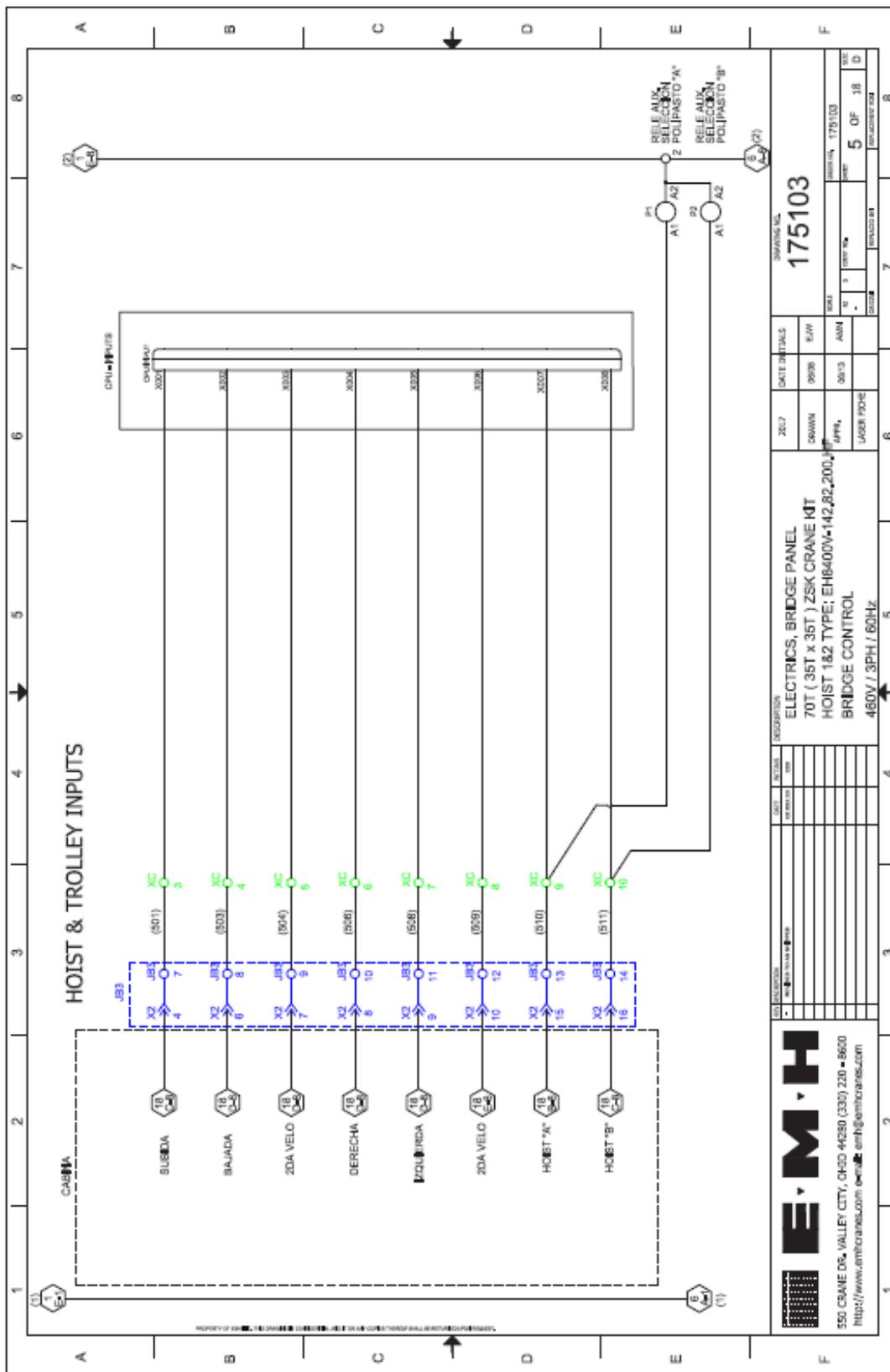
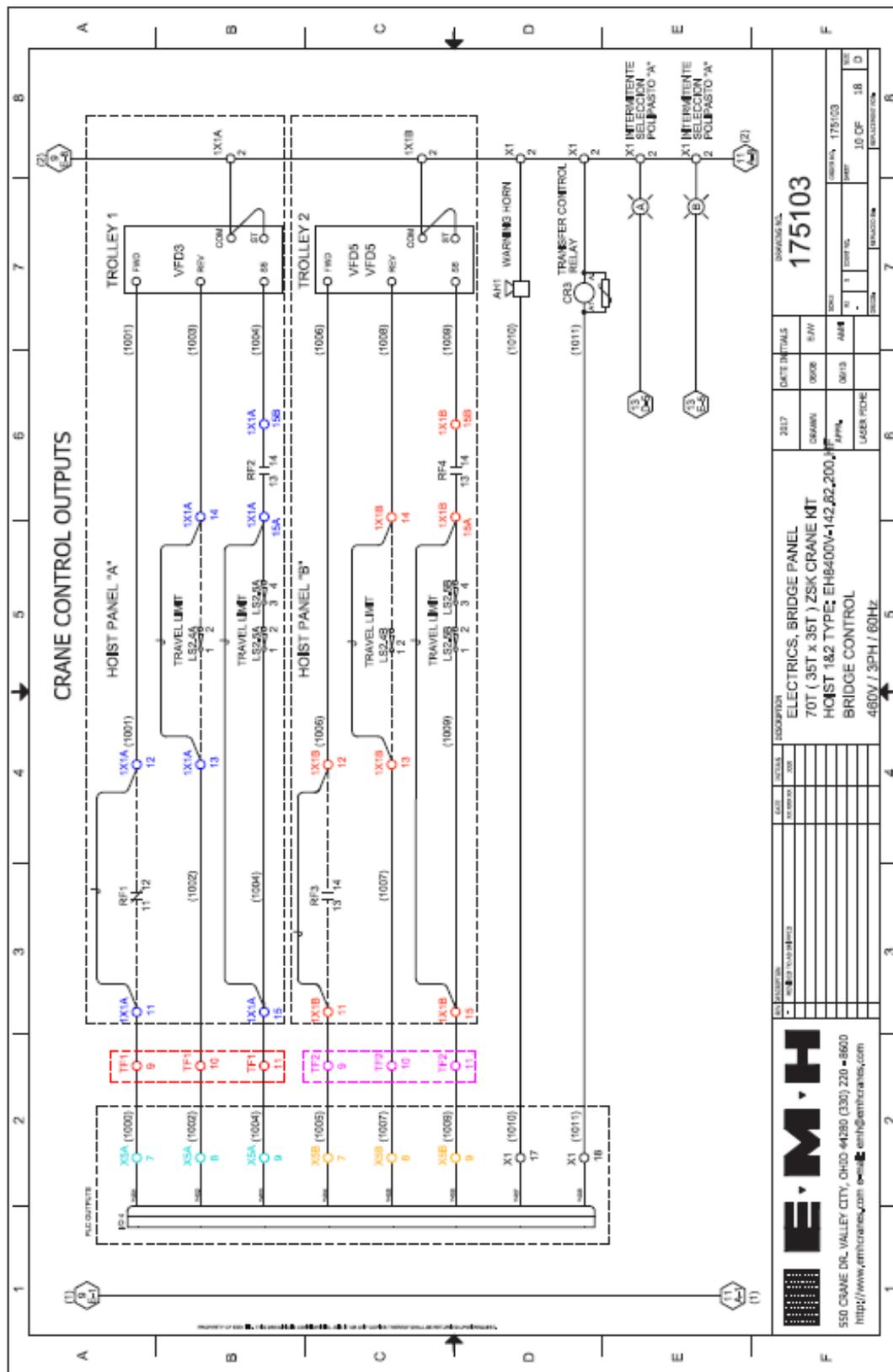


Figura 121: Plano eléctrico entradas de los carros de la Grúa. Fuente: Arreglo Modernización de grúa puente Cap. 70 Tn, Movitecnica, 2018.









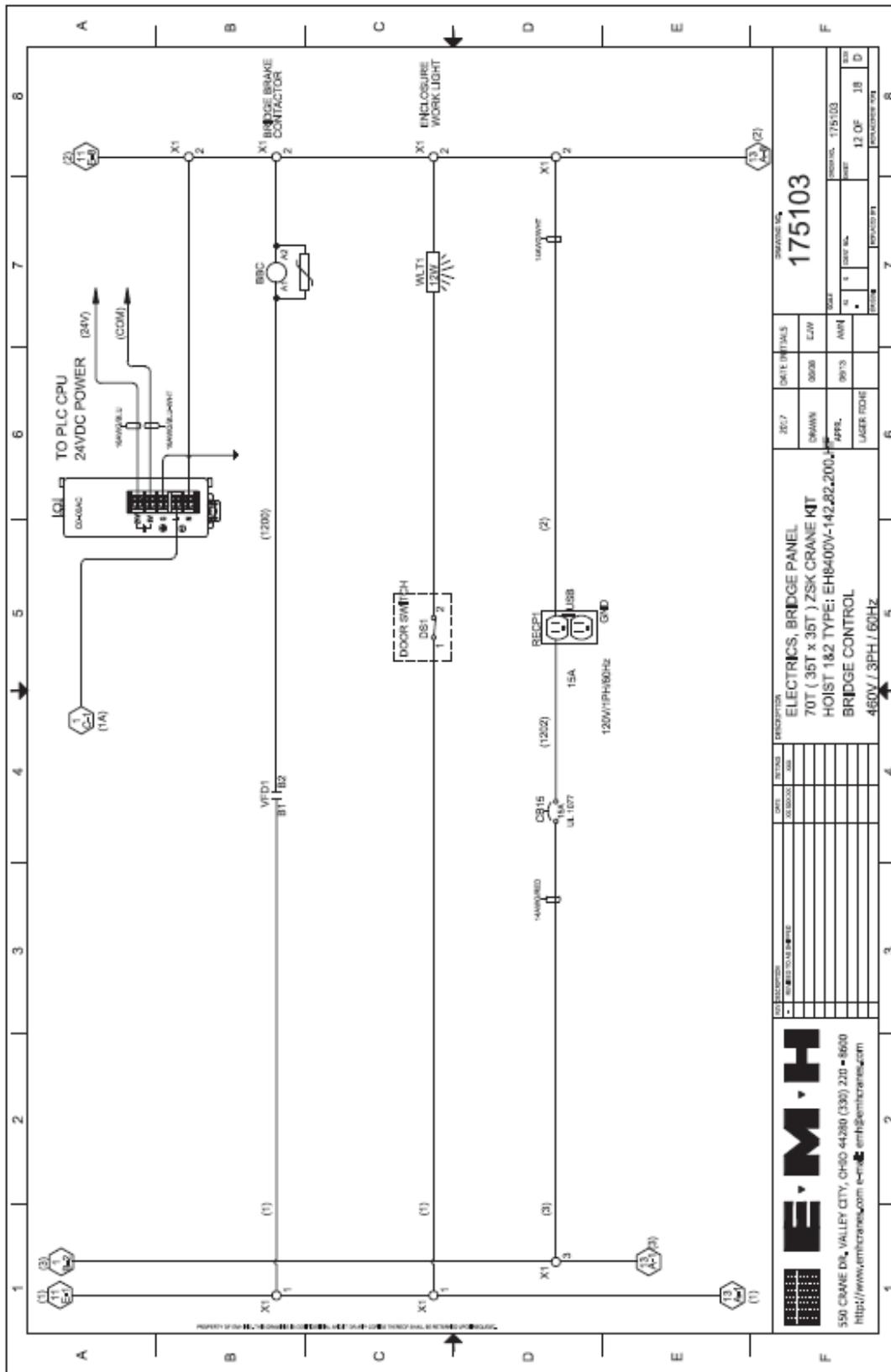


Figura 126: Plano eléctrico de las salidas de la Grúa (d). Fuente: Arreglo Modernización de grúa puente Cap. 70 Tn, Movitecnica, 2018.



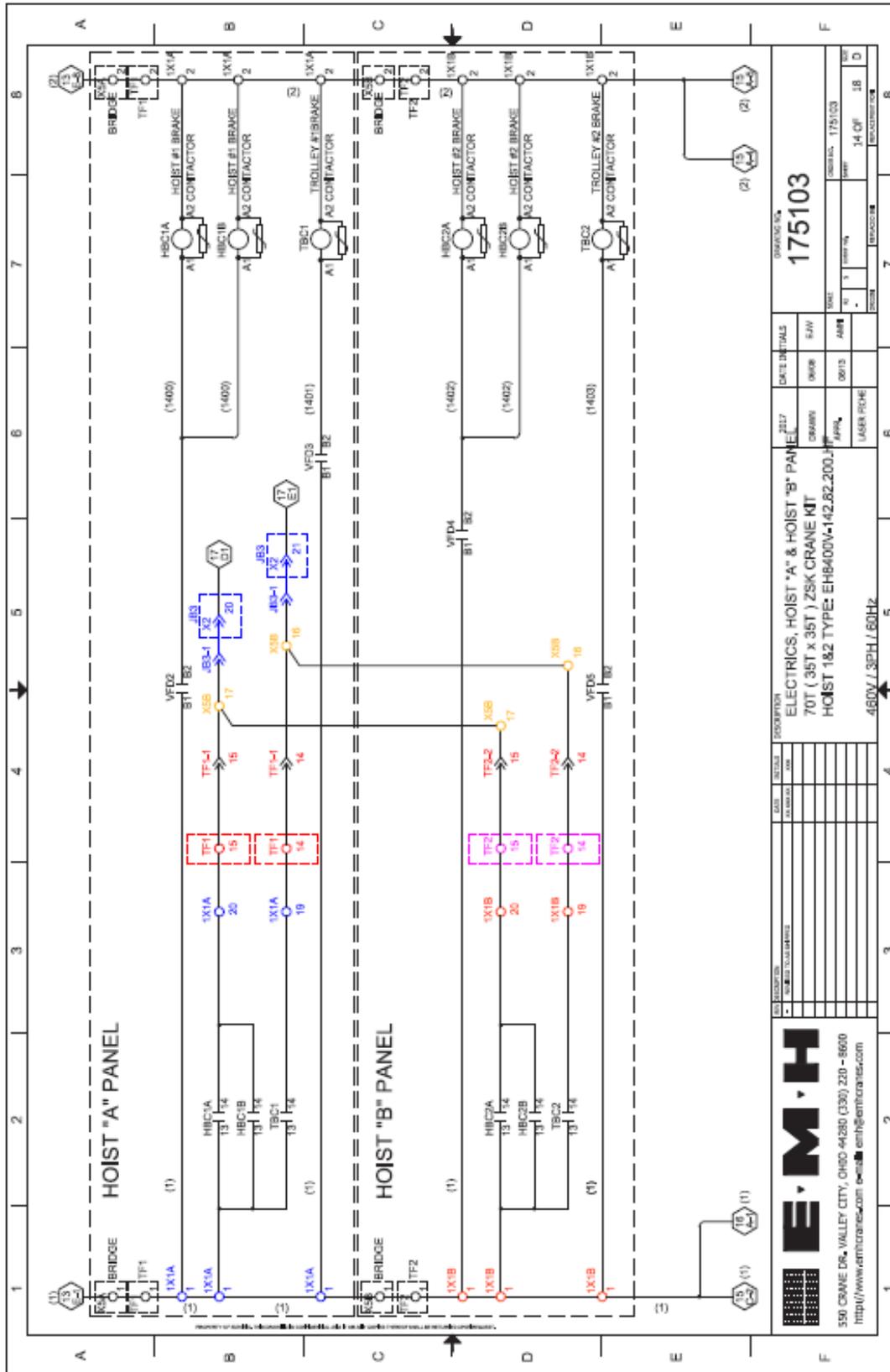


Figura 128: Plano eléctrico Del Panel A. Fuente: Arreglo Modernización de grúa puente Cap. 70 Tn, Movitecnica, 2018.

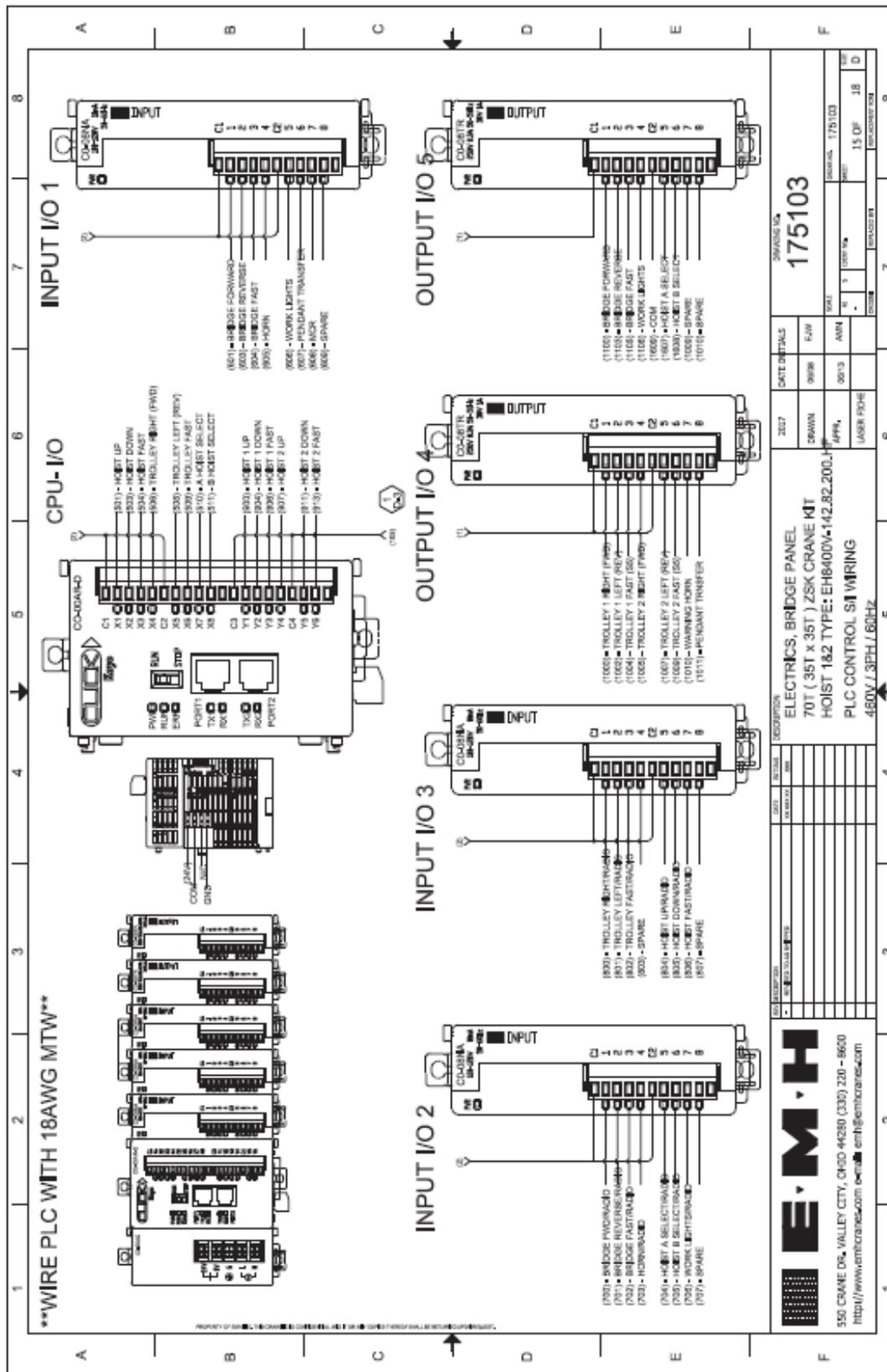


Figura 129: Plano eléctrico Del Panel B. Fuente: Arreglo Modernización de grúa puente Cap. 70 Tn, Movitecnica, 2018.





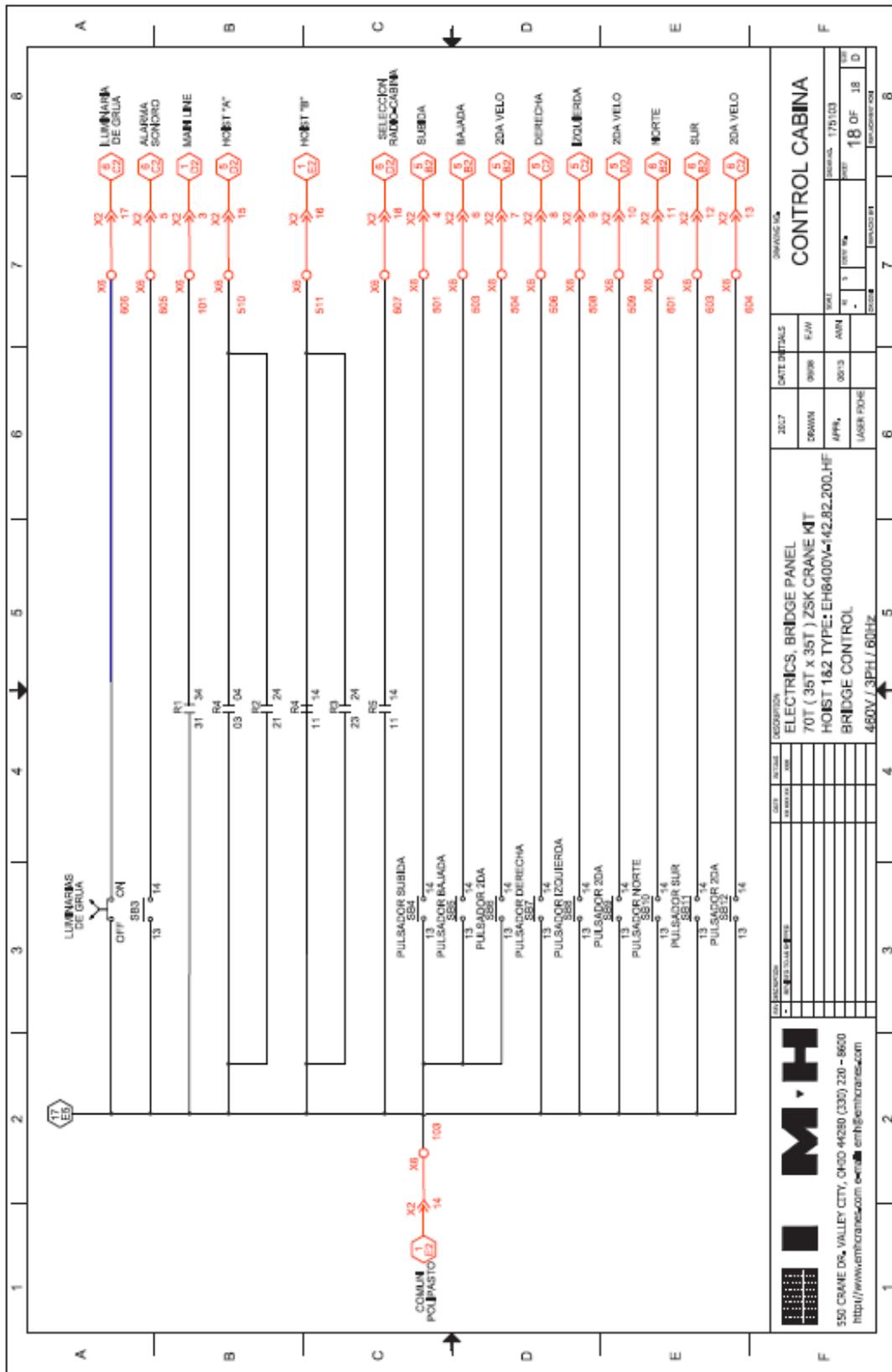


Figura 132: Plano eléctrico Del Panel E. Fuente: Arreglo Modernización de grúa puente Cap. 70 Tn, Movitecnica, 2018.

