



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Mejora de la disponibilidad en la grúa articulada mediante un plan
de mantenimiento preventivo en la empresa Copemane S.A.C.,
Chimbote – 2023**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Nuñez Vasquez, Jaime Mauricio (orcid.org/0000-0002-8061-5667)

Pastor Mejia, Sebastian Amador (orcid.org/0000-0001-9383-6218)

ASESOR:

Mgtr. Castillo Martínez, Williams Esteward (orcid.org/0000-0001-6917-1009)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHIMBOTE – PERÚ

2023

DEDICATORIA

El presente proyecto, en primer lugar, está dedicado a Dios por siempre bendecirnos y protegernos a lo largo del proceso de desarrollo del mismo, y por darnos la fuerza necesaria para superar cualquier obstáculo y/o dificultad durante el camino profesional. Así mismo, a nuestros padres quienes han sido el principal motor y motivo en nuestra vida universitaria, por brindarnos su amor y fortaleza, habernos forjado como las personas que somos hoy en día, y por siempre apoyarnos a cumplir con nuestros objetivos; y también a nuestros hermanos por darnos su confianza, buen ánimo y apoyo moral, para estimularnos a salir adelante y lograr nuestra meta. De igual manera, a todos aquellos que sirvieron de inspiración, por abrirnos las puertas y compartirnos sus conocimientos, para poder realizar y culminar nuestra Tesis con éxito.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por siempre bendecirnos y guiarnos en nuestra vida académica, siendo una gran fortaleza en las circunstancias más difíciles que nos ha tocado sobrellevar.

Damos gracias a nuestros padres por brindarnos su apoyo incondicional en todo momento e impulsarnos a conseguir nuestros objetivos y nunca rendirnos ante las adversidades.

Nuestro agradecimiento al Ing. Williams Castillo, nuestro Asesor de Tesis, por su dedicación y paciencia para encaminarnos durante todo el proceso de desarrollo del proyecto; y también a la empresa Copemane S.A.C. por permitirnos llevar a cabo la investigación en sus instalaciones y facilitarnos la información necesaria.

Agradecemos finalmente a la Universidad César Vallejo y todos los docentes de la casa de estudios, por haber sido parte de nuestra formación, habernos preparado y exigido tanto y, sobretodo, brindarnos las ganas de seguir adelante en nuestra carrera profesional.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CASTILLO MARTINEZ WILLIAMS ESTEWARD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Mejora de la disponibilidad en la grúa articulada mediante un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023", cuyos autores son PASTOR MEJIA SEBASTIAN AMADOR, NUÑEZ VASQUEZ JAIME MAURICIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHIMBOTE, 04 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CASTILLO MARTINEZ WILLIAMS ESTEWARD DNI: 40169364 ORCID: 0000-0001-6917-1009	Firmado electrónicamente por: WECASTILLOM el 08-12-2023 10:03:24

Código documento Trilce: TRI - 0682093



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, PASTOR MEJIA SEBASTIAN AMADOR, NUÑEZ VASQUEZ JAIME MAURICIO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mejora de la disponibilidad en la grúa articulada mediante un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
JAIME MAURICIO NUÑEZ VASQUEZ DNI: 71323315 ORCID: 0000-0002-8061-5667	Firmado electrónicamente por: JNUNEZV el 04-12-2023 21:35:10
SEBASTIAN AMADOR PASTOR MEJIA DNI: 72499518 ORCID: 0000-0001-9383-6218	Firmado electrónicamente por: SPASTORM el 04-12-2023 21:36:05

Código documento Trilce: TRI - 0682092

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	iv
Declaratoria de originalidad de los autores.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	12
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos.....	18
3.6. Método de análisis de datos.....	20
3.7. Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES.....	56
VII. RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS.....	58
ANEXOS.....	70

Índice de tablas

Tabla 1. Diseño esquematizado de investigación.....	11
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
Tabla 3. Método de análisis de datos.....	20
Tabla 4. Resultado del estado inicial de la gestión de mantenimiento.....	22
Tabla 5. Tiempo medio entre fallas (TMEF).....	25
Tabla 6. Tiempo medio para reparación (TMPR).....	26
Tabla 7. Disponibilidad inicial de las grúas articuladas.....	27
Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo.....	30
Tabla 9. Resultado del estado final de la gestión de mantenimiento.....	32
Tabla 10. Listado de fallas - Grúa Articulada (AP-01).....	35
Tabla 11. Listado de fallas - Grúa Articulada (AP-02).....	36
Tabla 12. Listado de fallas - Grúa Articulada (BT-01).....	37
Tabla 13. Listado de fallas - Grúa Articulada (BT-02).....	38
Tabla 14. Listado de fallas - Grúa Articulada (MT-01).....	39
Tabla 15. Listado de fallas - Grúa Articulada (MT-02).....	40
Tabla 16. Tiempo medio entre fallas (TMEF).....	41
Tabla 17. Tiempo medio para reparación (TMPR).....	42
Tabla 18. Disponibilidad final de las grúas articuladas.....	43
Tabla 19. Cambio porcentual de la disponibilidad.....	44
Tabla 20. Estudio estadístico de Shapiro-Wilk.....	46
Tabla 21. Estudio estadístico de t-Student.....	47

Índice de figuras

Figura 1. Procedimientos para conseguir los objetivos del proyecto.....	19
Figura 2. Resultado inicial de puntos analizados de mantenimiento.....	24
Figura 3. Resultado final de puntos analizados de mantenimiento.....	34
Figura 4. Cambio porcentual entre disponibilidad inicial y disponibilidad final.....	45
Figura 5. Prueba de hipótesis - Gráfico de Campana de Gauss.....	48

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis ha sido mejorar la disponibilidad en las grúas articuladas mediante un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023. La investigación fue de tipo aplicada con diseño experimental de la categoría pre-experimental; la muestra fueron las 6 grúas articuladas; y los instrumentos utilizados fueron el cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento, la ficha técnica de mantenimiento, el registro de fallas, el plan de mantenimiento preventivo y su control de cumplimiento, y los formatos de tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparación y disponibilidad. En donde, se obtuvo como resultados; el estado inicial sobre la gestión de mantenimiento, que por medio de una auditoría, evidenció un cumplimiento del 53.85%, señalando un sistema aceptable pero mejorable y, aplicando el instrumento óptimo, el estado final incrementó a un 74.68%, indicando un sistema bueno; pues habiendo alcanzado una disponibilidad inicial del 90.37%, después de implementado el plan de mantenimiento preventivo, se consiguió una disponibilidad final del 98.69% referido a las 6 grúas articuladas. De esta manera, se concluyó que dicho plan mejoró la disponibilidad de las máquinas en un 8.32%.

Palabras clave: plan de mantenimiento preventivo, gestión de mantenimiento, disponibilidad, grúa articulada.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to improve the availability of articulated cranes through a preventive maintenance plan in the company Copemane S.A.C., Chimbote - 2023. The research was applied with a pre-experimental experimental design; the sample consisted of 6 articulated cranes; and the instruments used were the maintenance management audit questionnaire, the maintenance technical sheet, the failure log, the preventive maintenance plan and its compliance control, and the formats of mean time between failures, mean time for repair and availability. The results obtained were: the initial state of maintenance management, which by means of an audit, showed a compliance of 53.85%, indicating an acceptable but improvable system and, applying the optimal instrument, the final state increased to 74.68%, indicating a good system; since having reached an initial availability of 90.37%, after implementing the preventive maintenance plan, a final availability of 98.69% was achieved for the 6 articulated cranes. Thus, it was concluded that the plan improved the availability of the machines by 8.32%.

Keywords: preventive maintenance plan, maintenance management, availability, articulated crane.

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se centralizó en la baja disponibilidad que presentaban las grúas articuladas en la compañía Copemane S.A.C.

Últimamente, el acceso mundial a la electricidad se consideró un aspecto de alta relevancia al conformar los ODS. Asimismo, el requerimiento de la energía continuó creciendo en relación al progreso de la comunidad; además que su acceso refirió una problemática a nivel global, pues, cerca del 13% de la población universal coexistió sin electricidad. Por otro lado, el sector eléctrico ha comprobado un período de transformación consignada a mantener una sociedad en continua mejora mediante un suministro eléctrico competitivo, positivo e íntegro. (Nolasco y Gomis, 2021; Riba y Riba, 2022; OSINERGMIN, 2016, p. 18)

En la industria, el mantenimiento fue empleado en los diferentes sectores de tipo educativo y empresarial en base a un proyecto de mantenimiento, en donde, su implementación ha favorecido el fortalecimiento del área de trabajo para conseguir soluciones. Por otra parte, tanto el mantenimiento como el reparo de máquinas pesadas, establecieron medios para prever efectos perjudiciales en el medio ambiente, puesto que garantizaron la fiabilidad de las mismas en el momento de su aprovechamiento; lo que se interpretó como la reducción de paradas debido al suceso de distintas clases de fallos. De ahí, el principio de que cualquier sistema fue beneficioso, habiendo considerado de que trabajó de acuerdo a una cantidad mínima de fallas. (González et al., 2018; Dimas, Nieves y Toledo, 2022; Alavedra et al., 2016)

Con respecto a un mantenimiento preventivo, su aplicación en la industria, ha sido una herramienta de gran importancia, dado que permitió minimizar las fallas en las máquinas o equipos técnicos. Así también, dicho mantenimiento refirió un estudio para el óptimo funcionamiento de los aparatos; impidiendo las averías de los mismos y, evitando así, los accidentes antes de que sucedan. (Salonen y Gopalakrishnan, 2021; Ghrieb et al., 2020)

La empresa Copemane S.A.C., sede ubicada en ciudad de Chimbote, viene siendo un consorcio compuesta por las empresas ARCE S.R.L., PROCIEL S.R.L. y AT SOLUCIONES S.R.L.; la misma que ha venido realizando servicios de Instalación y Mantenimiento de Alumbrado Público y Redes Eléctricas de Baja y Media Tensión. Ahora bien, el proceso del servicio ha sido el siguiente: El personal se dirigía a la base central para que se les delegara las tareas o actividades con las indicaciones respectivas que deberían desarrollar en el día y, de acuerdo a ello, los mismos trabajadores verificaban que las grúas se hallaran operativas para que pudiesen salir a campo. Básicamente; ya estando en campo, realizaban el izaje de postes de 8 o 9 metros de Baja Tensión con las grúas pequeñas y, el izaje de postes de 12 a 15 metros de Media Tensión, con las grúas grandes. Por otra parte; para lo que refería el Alumbrado Público, también hacían uso de grúas, pero solo para canastilla, más no realizaban trabajos de izaje. De igual manera, dependiendo la situación, los operarios se dirigían a la compañía Hidrandina S.A. para realizar el retiro de materiales requeridos, como son los postes, los cuales se recogían y eran direccionados a la base central para que pudieran desarrollarse las actividades que habían sido programadas diariamente.

En la empresa Copemane S.A.C., específicamente en las áreas de Alumbrado Público y de Baja y Media Tensión, se evidenció que 6 grúas articuladas habían presenciado una serie de fallas, las cuales afectaban perjudicialmente a la disponibilidad de las mismas; además, se tuvo como data, el registro del total de fallas del último año, al igual que por cada una de las 6 máquinas junto con sus sistemas, tales como fueron: 408 fallas durante el año 2022, de las cuales, la grúa articulada AP-01 tenía 64 fallas por mantenimiento correctivo y la grúa articulada AP-02 tenía 69 fallas; así también, la grúa articulada BT-01 tenía 72 fallas y la grúa articulada BT-02 tenía 75 fallas y; por último, la grúa articulada MT-01 tenía 61 fallas y la grúa articulada MT-02 tenía 67 fallas. Igualmente, se estableció con respecto a las fallas totales por sistemas de dichas máquinas; en donde, se tuvo en la grúa articulada AP-01, el sistema hidráulico con 23 fallas, el sistema izaje con 15 fallas y el sistema control con 26 fallas, y se tuvo en la grúa articulada AP-02, el sistema hidráulico con 22 fallas, el sistema izaje con 28 fallas y el sistema control con 19 fallas; asimismo, se tuvo en la grúa articulada BT-01, el sistema hidráulico con 27 fallas, el sistema izaje con 20 fallas y el sistema control con 25

fallas, y se tuvo en la grúa articulada BT-02, el sistema hidráulico con 31 fallas, el sistema izaje con 24 fallas y el sistema control con 20 fallas y; en última instancia, se tuvo en la grúa articulada MT-01, el sistema hidráulico con 14 fallas, el sistema izaje con 26 fallas y el sistema control con 21 fallas, y se tuvo en la grúa articulada MT-02, el sistema hidráulico con 17 fallas, el sistema izaje con 21 fallas y el sistema control con 29 fallas. Pues, la realidad problemática de las grúas articuladas residió en la inapropiada aplicación del mantenimiento que se les realizaban a las máquinas. Esto debido a que no se llevó a cabo una correcta programación de mantenimiento, lo cual, trajo como efecto, la existencia de reiteradas fallas y averías no planeadas por parte de las grúas articuladas. También, se identificó que, en el proceso de servicio, se presentaron paradas de las grúas, bajo nivel de disponibilidad de tales máquinas, carga de trabajo y costos en reparos; todo ello, a causa de la falta de un adecuado proyecto de mantenimiento preventivo, dado que no contaban con una lista de control, frecuencia y duración de paradas de las grúas y que, teniendo conocimiento de lo mencionado, no se efectuaron pautas que pretendieran enmendar y ofrecer una solución ideal a tales problemas. Por tal razón, dicha situación implicó la no disponibilidad e inoperatividad de las máquinas. Es por ello, que fue necesario la mejora de la disponibilidad en las grúas articuladas de la compañía Copemane S.A.C., esto por medio de la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo.

Con respecto a lo mencionado; se manifestó el siguiente problema de investigación: ¿De qué manera la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo permitirá mejorar la disponibilidad de uso de las grúas articuladas en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023?

Este trabajo de investigación se justificó a nivel teórico, puesto que el mantenimiento preventivo, aplicado en el presente estudio, permitió prevenir las fallas en las grúas articuladas, de tal forma, se pudo evitar las paradas inesperadas, los costos por restauración y la no disponibilidad de las mismas, prolongando así, su vida útil. Asimismo, a nivel práctico, ya que, con la adquisición de los nuevos conocimientos en relación al mantenimiento preventivo en las máquinas, contribuyó en la mejora de la relación interna dentro de la empresa Copemane S.A.C., así como para el entrenamiento de los operarios encargados

con respecto a cómo mantener un correcto control de las máquinas y, de igual manera, en la asignación de un plan referente a corregir las fallas, en caso alguna se origine en el momento del servicio. Así también, a nivel social, pues ayudó a que los trabajadores puedan realizar sus actividades de forma adecuada, sin la presencia de problemas que afecten negativamente a su seguridad, permitiendo así, que brinden un apropiado servicio de mantenimiento e instalación eléctrica. Por último, a nivel metodológico, dado que, con el presente estudio, se propuso un plan de mantenimiento preventivo, el cual contribuyó en reducir los fallos identificados en las distintas máquinas, de tal manera, se pudo prever cualquier tipo de accidente.

Este proyecto tuvo como objetivo general: Mejorar la disponibilidad en las grúas articuladas mediante un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023; para lo cual, se realizaron los siguientes objetivos específicos: Diagnosticar la disponibilidad en las grúas articuladas del Área de Parking en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023, Ejecutar el plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en las grúas articuladas en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023 y Comparar los resultados de la disponibilidad antes y después de la implementación en las grúas articuladas en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023. La hipótesis general que se estableció para el presente proyecto de investigación fue: Un plan de mantenimiento preventivo permitirá mejorar la disponibilidad en las grúas articuladas en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023.

II. MARCO TEÓRICO

Para esta investigación, se recogieron como precedentes los siguientes estudios:

Rayme y Díaz (2021) tuvieron como objetivo establecer de qué manera el mantenimiento preventivo aumenta la producción en las máquinas de medición eléctrica, el estudio fue de tipo básica y diseño no experimental, la muestra se constituyó por 5 equipos de medición y los instrumentos empleados han sido la orden de trabajo y las inspecciones de producción. Los resultados establecieron una mejora desde el 58.66% hasta el 86.58% respecto a la productividad. Se concluyó que el mantenimiento permite aumentar la producción de las máquinas eléctricas en un 46%.

Cáceres (2022) tuvo como objetivo esquematizar un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de las grúas articuladas, el estudio fue de tipo aplicada y diseño experimental con nivel pre-experimental, la muestra se constituyó por 7 máquinas y los instrumentos empleados han sido la orden de trabajo, la caracterización y categorización de los equipos, la lista y recopilación de información, el Check list y el título de competencia junto con su reglamento. Los resultados establecieron que después de la implementación del programa de mantenimiento, se alcanzó una disponibilidad del 96.35%. Se concluyó que se logra incrementar la disponibilidad media en 8%.

Romero (2022) tuvo como objetivo presentar un plan de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de máquinas Bolter 88D, el estudio fue de tipo aplicada y diseño experimental con nivel pre-experimental, la muestra se constituyó por 2 equipos y los instrumentos empleados han sido el Check list y los reportes diarios. Los resultados establecieron que se consiguió una disponibilidad mecánica superior a 85%. Se concluyó que después de ejecutar el plan de mantenimiento, se alcanza una disponibilidad media de 88.19%, por lo que se incrementa en un 7% respecto al porcentaje inicial de disponibilidad.

Reynoso (2021) tuvo como objetivo precisar de qué forma la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo influye en la disponibilidad mecánica de las líneas blanca y amarilla, el estudio fue de tipo aplicada y diseño experimental con nivel pre-experimental, la muestra se constituyó por 8 equipos y los instrumentos

empleados han sido las fichas técnicas, el reporte de fallas, los formatos de TMEF, TMAPR y disponibilidad, y el plan de mantenimiento preventivo. Los resultados establecieron que, posterior a la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, se consiguió una disponibilidad de 94% y 95%, en volquetes y maquinarias pesadas; respectivamente. Se concluyó que, por medio del plan de mantenimiento, se contribuye de forma considerable en la disponibilidad mecánica.

Chávez y Robles (2021) tuvieron como objetivo efectuar un plan de mantenimiento preventivo para perfeccionar la disponibilidad de las máquinas hidráulicas, el estudio fue de tipo aplicada y diseño experimental con nivel pre-experimental, la muestra se constituyó por 10 equipos y los instrumentos empleados han sido el Check list y las tablas de registros de información. Los resultados establecieron que, mediante los programas de mantenimiento, se alcanzó como media un 93.81% de disponibilidad. Se concluyó que, a través del plan de mantenimiento, se consigue mejorar la disponibilidad en un 7.20% referido a las máquinas.

Coro y Cotrina (2021) tuvieron como objetivo plantear un procedimiento de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de las máquinas de carguío y acarreo, el estudio fue de tipo aplicada y diseño experimental con nivel pre-experimental, la muestra se constituyó por 5 equipos y los instrumentos empleados han sido la tarjeta de resumen y la pauta de entrevista. Los resultados establecieron que, con este plan de mantenimiento preventivo, hubo un incremento del 5.25% referente a la disponibilidad de las unidades. Se concluyó que se aumentó la disponibilidad en la retroexcavadora JCB a un 49.63%, en la excavadora JCB a un 52.62%, en el volquete 18 cubos a un 65.51%, en la camioneta Hilux a un 65.19% y en el Bobcat JCB a un 36.11%.

Aquino y Atalaya (2020) tuvieron como objetivo proyectar un plan de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de máquinas, el estudio fue de tipo aplicada y diseño no experimental transversal descriptivo, la muestra se constituyó por 7 equipos y los instrumentos empleados han sido el cuestionario, la computadora junto a su información y el diario de campo. Los resultados establecieron que hubo un aumento en la disponibilidad de las máquinas D6R

(80%-90%), D8T (85%-89.1%) y 966H (82%-89%). Se concluyó que se proyecta un incremento en la disponibilidad de un 90%.

Aldana (2019) tuvo como objetivo decretar cómo la gestión del mantenimiento preventivo optimiza la disponibilidad en las máquinas mineras, el estudio fue de tipo aplicada y diseño no experimental, la muestra se constituyó por 9 equipos y los instrumentos empleados han sido la tarjeta de análisis de información, el estudio de contenidos y el SPSS. Los resultados establecieron que se alcanzó una disponibilidad media del 4.06%, luego del proceso del programa de mantenimiento. Se concluyó que la ejecución de un mantenimiento contribuye significativamente a la disponibilidad, ello reflejado en un aumento del 87.51% al 91.57%.

Rojas (2019) tuvo como objetivo presentar un plan de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de las máquinas, el estudio fue de diseño experimental con nivel pre-experimental, la muestra se constituyó por 16 equipos y los instrumentos empleados han sido el diagrama de consecuencias, el cuestionario, la guía de observación de campo, las hojas de cálculo y la tarjeta de análisis de información. Los resultados establecieron que se consiguió un aumento de disponibilidad equivalente al 13.54%. Se concluyó que, con el desarrollo de las acciones planificadas, se obtiene un incremento desde un 84.27% hasta un 97.81%.

Llauce (2017) tuvo como objetivo exponer un plan de mantenimiento preventivo con el propósito de perfeccionar la disponibilidad de la Motoniveladora CAT 120K, el estudio fue de tipo aplicada y diseño experimental con nivel pre-experimental, la muestra se constituyó por 1 equipo y los instrumentos empleados han sido el Check list, las dimensiones de análisis, el informe de mantenimiento y las cámaras de fotos y videos. Los resultados establecieron que la máquina mostró un 73.33% de disponibilidad como estimación más baja y un 80% como estimación más alta. Se concluyó que, mediante la planificación del mantenimiento, se consigue mejorar la disponibilidad desde un 60.56% hasta un 77.22%.

A continuación, se presentaron las teorías concernientes al tema de investigación:

Al hablar de mantenimiento, Ebrahimi, Ghomi y Karimi (2020) lo conceptualizaron como la actividad interna de la empresa, que se ocupa de acreditar un servicio apropiado, óptima facilidad de uso y gran porcentaje en cuanto a la disponibilidad y confiabilidad en las maquinarias o artefactos. Además, mencionaron que las estrategias de mantenimiento refieren las técnicas empleadas para manifestar el adecuado método de mantenimiento en relación a los componentes (equipos, máquinas) de un establecimiento.

También, Ernie et al. (2017) y Wang et al. (2020) aseveraron que el mantenimiento viene a ser la composición de cada una de las gestiones metódicas y funcionarias, contenida la revisión, que aseguran la condición adecuada de un sistema para realizar su actividad; el mismo que se considera como uno de los importantes medios utilizados en las empresas, contribuyendo en la reducción de los costos, mostrándose como un economizador y brindando un modo de conservar la permanencia, estabilidad y efectividad de las maquinarias.

De acuerdo con Peng et al. (2022) y Shi et al. (2022) señalaron que el mantenimiento preventivo contiene disposiciones, tales como son las evaluaciones y los cambios periódicos de componentes, los cuales garantizan que los equipos persistan en condición estándar antes del origen de cualquier falla y previniendo las averías que puedan impactar gravemente a la disponibilidad de los mismos.

El mantenimiento preventivo se definió, según Pérez (2021, p. 39) y Hashemi y Asadi (2021) como una cadena de tareas o acciones planeadas que se ejecutan dentro de ciclos específicos, a fin de prever o anticiparse a las fallas de las maquinarias; ello permitiendo que realicen sus funciones en óptimas condiciones.

En esa misma línea, Memari, Zarezadeh y Asadi (2021) y Huang, Chang y Arinez (2020) manifestaron que el mantenimiento preventivo representa uno de los medios más significativos para minimizar la posibilidad de fallas reflejados en unidades que se encuentran en operación, ésto por medio de la restauración de sus componentes obsoletos.

Asimismo, Li, Wang y Lin (2021) y Cui (2019) indicaron que el mantenimiento preventivo refiere un grupo de labores preventivas a interrupciones fijas evidenciadas a lo largo de la tarea funcional del sistema estudiado, las cuales están consignadas a optimizar su confiabilidad y asegurar que la condición de rendimiento que éstos abastecen, permanezca entre los márgenes decretados.

Por otra parte, Pérez (2021, p. 40) afirmó que el mantenimiento preventivo comprende una serie de etapas concernientes a su implementación, tales como la planificación, en donde se determinan las tareas a realizar, el equipo de trabajo, las máquinas e instrumentos a emplear y el lapso promedio de labor; la programación, en donde se precisa la fecha y el área de trabajo, y las acciones planeadas con anticipación; la ejecución, en donde se lleva a cabo las responsabilidades ya establecidas; y el control, en donde se revisan y comprueban las tareas realizadas.

Las dimensiones que se emplearon para el mantenimiento preventivo, se definieron: Diagnóstico, según Zhao et al. (2021) como el procedimiento en donde, por medio del empleo de metodologías y tecnologías de análisis institucional, se estudian y valoran las empresas con fines de exploración o participación. Proyecto, de acuerdo a Pérez (2021, p. 75) como el desarrollo que establece los principales fines de una compañía junto a las capacidades y/o habilidades que dirigirán el logro, manejo y práctica de medios para alcanzar dichos fines. Efecto, en conformidad con Liu y Wang (2021) como toda actuación o suceso del cual, racionalmente, puede estar influenciado por cierto punto de un determinado plan o proyecto.

Referente a una auditoría de mantenimiento, Chang et al. (2020) lo expresaron como una herramienta básica que busca determinar las oportunidades de mejora en las tareas propias de una compañía, que están enfocadas en restablecer las máquinas o equipos a sus estados de trabajo esperados por los operarios.

En cuanto a fallas o averías, Pérez (2021, p. 23) y Vázquez, Rodríguez y Esteban (2023) lo puntualizaron como cualquier factor capaz de interrumpir el trabajo de una máquina; en otras palabras, lo detallaron como la disposición dada o el estado

no esperado que perjudica la potencia de un equipo, ocasionando así, que no efectúe su servicio.

Respecto a la disponibilidad, ésta ha sido definida por Rayme y Díaz (2021) y Szkoda et al. (2021) como la facultad que tiene una maquinaria para ser empleada al momento de su necesidad, ello siendo el propósito vital del mantenimiento, pues siempre que la disponibilidad es cuantificable, se puede calcular la utilidad del mantenimiento efectuado; además de reflejar el porcentaje de acuerdo al tiempo en el que una máquina se halla apta para su aplicación y ejecución dentro de un procedimiento. En este proyecto, se utilizó un rango de medición con relación a la disponibilidad final obtenida por cada una de las 6 grúas articuladas, en donde se detalló lo siguiente: Disponibilidad No Buena (65 - 80) %, Disponibilidad Buena (80 - 95) % y Disponibilidad Muy Buena (95 - 100) %; siendo este último, el rango de disponibilidad que se pretendió alcanzar.

Las dimensiones que se emplearon para analizar la disponibilidad, se definieron como: Tiempo medio entre fallas (TMEF), según Ascón y Rossell (2021) y Gutiérrez (2021) manifestaron que, desde la perspectiva de fiabilidad, refiere la probabilidad de que una máquina desempeñe provechosamente las tareas para lo que fue creada, dentro de un ciclo de tiempo detallado y en base a los medios de procedimientos establecidos; por otro lado, éste se determina como el período promedio entre duraciones de mantenimiento o el período promedio entre dos fallas o averías sucesivas. Tiempo medio para reparación (TMPR), conforme Ascón y Rossell (2021) y Gutiérrez (2021) indicaron que, desde la perspectiva de mantenibilidad, viene a ser la probabilidad de que una máquina en condición de fallo, consiga ser reparada a un estado decretado, en un lapso de tiempo definido, y utilizando unos medios precisados; por otra parte, éste se determina mediante el promedio de los períodos técnicos de reparo.

Los enfoques conceptuales empleados, fueron los siguientes: El mantenimiento preventivo se precisó, de acuerdo con Pérez (2021, p. 39) como una cadena de tareas planeadas que se ejecutan dentro de ciclos específicos, para prever o anticiparse a las fallas de las unidades (máquinas o equipos). La disponibilidad se detalló, conforme a Rayme y Díaz (2021) como la facultad que tiene una maquinaria o equipo para ser empleado al momento de su necesidad.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, puesto que estuvo centrado en el reconocimiento de los problemas del entorno y, con respecto a ello, se planteó soluciones en relación al pensamiento obtenido. (Castro, Gómez y Camargo, 2023)

3.1.2. Diseño de investigación

Esta investigación fue de diseño experimental, ya que se determinó por medio del manejo deliberado de la variable independiente y su influencia en la variable dependiente; además que ha sido del tipo pre-experimental, pues la variable independiente poseyó una sola categoría y, la variable dependiente, fue cuantificada en dos instantes: pre y post-test. (Ramos, 2021) Por otro lado, el actual estudio de investigación; sujetó un enfoque cuantitativo, dado que se manejó con variables que se podían evaluar; un nivel correlacional, debido al requerimiento de exponer una hipótesis para plantear una relación entre 2 variables; y un alcance longitudinal, porque se llevó a cabo una recogida de información durante 1 año. (Sánchez, 2019; Ramos, 2020; Meneses y Ruiz, 2017) El diseño esquematizado se demostró en la Tabla 1.

Tabla 1. *Diseño esquematizado de investigación*

DISEÑO ESQUEMATIZADO
G: O1 → X → O2 G: Grúa Articulada O1: Disponibilidad Inicial X: Mantenimiento Preventivo O2: Disponibilidad Final

Fuente: Elaboración propia

3.2. Variables y operacionalización

Se tuvieron como variable independiente al Mantenimiento Preventivo y como variable dependiente a la Disponibilidad. La matriz de operacionalización se presentó en el Anexo 1.

3.2.1. V1 (independiente): Mantenimiento Preventivo

- **Definición conceptual:** El mantenimiento preventivo se definió como una cadena de tareas o acciones planeadas que se ejecutan dentro de ciclos específicos, a fin de prever o anticiparse a las fallas de las maquinarias. (Pérez, 2021, p. 39)
- **Definición operacional:** El mantenimiento preventivo; inicialmente, ha sido evaluado en base a las fallas registradas por cada una de las 6 máquinas (grúas articuladas) estudiadas; seguidamente, se ejecutó el plan de mantenimiento preventivo para la programación de las actividades a efectuarse junto a su porcentaje de cumplimiento y; finalmente, se comprobó el efecto de su implementación.

Tanto las dimensiones e indicadores como las escalas de medición, se señalaron en la matriz de operacionalización de variables.

3.2.2. V2 (dependiente): Disponibilidad

- **Definición conceptual:** La disponibilidad ha sido definida como la facultad que tiene una maquinaria o equipo para ser empleado al momento de su necesidad; ello siendo el propósito vital del mantenimiento, pues siempre que la disponibilidad es cuantificable, se puede calcular la utilidad del mantenimiento efectuado. (Rayme y Díaz, 2021)
- **Definición operacional:** La disponibilidad se evidenció mediante el alto porcentaje de probabilidad de que las 6 máquinas (grúas articuladas) estén aptas para operar adecuadamente en el momento que sean requeridas. Para ello, se realizó la evaluación de los resultados de disponibilidad tanto inicial como final, de tal manera, se pudiera cuantificar la influencia de la disponibilidad de tales equipos.

Tanto las dimensiones e indicadores como la escala de medición, se señalaron en la matriz de operacionalización de variables.

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

De acuerdo con Chávez y Robles (2021) delimitaron a la población como el compuesto limitado o ilimitado de componentes que exhibe características semejantes, de los mismos que serán generalizados los resultados del estudio. Es por ello, que la población ha sido integrada por las 6 grúas articuladas del Área de Parking de la empresa Copemane S.A.C.

- **Criterios de Inclusión:**

- Máquinas que evidenciaban una cantidad considerablemente alta de fallas o averías.
- Máquinas que presentaban un bajo nivel de disponibilidad.
- Máquinas que operaban en las áreas de Alumbrado Público y de Baja y Media Tensión.

- **Criterios de Exclusión:**

- Máquinas antiguas o que ya no podían trabajar.
- Máquinas que cumplían funciones de otra índole.
- Máquinas que estaban sujetas a un mantenimiento apropiado.

3.3.2. Muestra

Siguiendo a Ventura (2017) precisó a la muestra como una subdivisión extraída de la población, el cual está constituido por las unidades de estudio. Ahora bien, la muestra tomó el valor equivalente de la población; por ello, estuvo conformada por las 6 grúas articuladas del Área de Parking de la compañía Copemane S.A.C.

3.3.3. Muestreo

Conforme a Otzen y Manterola (2017) indicaron que el muestreo analiza las correlaciones referentes a la estructura de cierta variable en una determinada población y; asimismo, la estructura de dicha variable en una muestra establecida. Por tanto, se empleó un muestreo no probabilístico del tipo por conveniencia, ya que los integrantes fueron considerados de acuerdo a nuestra accesibilidad.

3.3.4. Unidad de análisis

Se tuvo como unidad de estudio, a la grúa articulada perteneciente al Área de Parking de la organización Copemane S.A.C.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Con base en Hernández y Duana (2020) afirmaron que las técnicas de recogida de información vienen a ser métodos o procesos que hacen posible la adquisición de información esencial para responder a la interrogante del estudio. Para las variables analizadas en este trabajo, se emplearon las técnicas de encuesta, observación no experimental, análisis documental y observación experimental.

3.4.2. Instrumentos

Desde la posición de Hernández y Duana (2020) expresaron que los instrumentos de recogida de información refieren los procedimientos que contribuyen al desarrollo de la investigación, estando encaminado a establecer los medios para la medición correspondiente. Para las variables analizadas en la investigación, los instrumentos que se utilizaron fueron el cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento, la ficha técnica de mantenimiento, el registro de fallas, el plan de mantenimiento preventivo junto a su control de cumplimiento, y los formatos de tiempo medio entre fallas (TMEF), tiempo medio para reparación (TMPR) y disponibilidad.

Tanto las técnicas como los instrumentos se indicaron en la Tabla 2.

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

VARIABLE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	FUENTE	REFERENCIA
Mantenimiento Preventivo	Encuesta	Cuestionario de Auditoría de Gestión de Mantenimiento	Área de Parking	C. Carranza & Y. Rosales, 2018
	Observación no experimental	Ficha Técnica de Mantenimiento	Historial de máquina	Copemane S.A.C., 2023
	Análisis documental	Plan de Mantenimiento Preventivo y Control de Cumplimiento de Mantenimiento	Área de Parking	Elaboración propia
Disponibilidad	Análisis documental	Registro de Fallas	Área de Parking	Elaboración propia
	Análisis documental - Observación experimental	Formato de Tiempo Medio entre Fallas (TMEF)	Historial de máquina	Elaboración propia
		Formato de Tiempo Medio para Reparación (TMPR)	Historial de máquina	Elaboración propia
		Formato de Disponibilidad	Historial de máquina	Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Validez

A juicio de Posso y Bertheau (2020) aseveraron que la validez de una investigación hace referencia a la categoría o nivel en que un determinado instrumento evalúa cierta variable que procura evaluar. Por tanto, a fin de contrastar la fiabilidad del presente estudio, para el procedimiento de validación de los instrumentos elaborados, se empleó el método por juicio de expertos, en el cual, se eligieron 3 expertos o especialistas quienes se desempeñaban en las áreas de ingeniería mecánica y/o eléctrica, los mismos que brindaron tanto sus respaldos y calificaciones como sus observaciones para concebir el diseño definitivo de los instrumentos válidos. El procedimiento de validez se demostró en el Anexo 9.

3.4.4. Confiabilidad

Desde el punto de vista de Posso y Bertheau (2020) manifestaron que la confiabilidad de cierto instrumento se determina cuando éste mide de forma coherente el elemento que desea medir. En ese sentido, para las tablas de registro de datos, se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach. Para ello, primero se llevó a cabo una sumatoria tanto específica (cada categoría de los 5 ítems) como general (cada ítem de los 3 expertos) de acuerdo a la validación de los jueces, y después se realizó el análisis de la confiabilidad para la validación correspondiente en base a la información registrada en el software estadístico SPSS, en donde se obtuvo el valor del test Alfa de Cronbach. La confiabilidad de los instrumentos se presentó en el Anexo 10.

3.5. Procedimientos

El proceso aplicado en el proyecto, estuvo encaminado en base a los objetivos propuestos, haciendo uso de instrumentos para efectuar de forma metódica el desarrollo, a partir de su análisis, determinado en buscar la optimización de la disponibilidad que repercute en las maquinarias pertenecientes a cierto sector, en este caso, el Área de Parking propia de la empresa. Para diagnosticar la disponibilidad en las grúas articuladas, se realizó un cuestionario (Anexo 2) para recoger información con respecto al estado de la gestión de mantenimiento; asimismo, se comprobó las circunstancias en que se encuentran dichas máquinas a través de fichas técnicas (Anexo 3); de igual manera, se registró la cantidad de fallas, duración y horas de paradas acontecidas en las mismas (Anexo 4) y; por último, se utilizaron los formatos de TMEF (Anexo 5) y TMPR (Anexo 6), para determinar el porcentaje de disponibilidad inicial de tales grúas articuladas (Anexo 7). Para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo, se presentó la planificación del mantenimiento a realizarse, detallando el porcentaje de cumplimiento de las actividades programadas (Anexo 8). Para comparar los resultados de la disponibilidad antes y después de la implementación, se emplearon los formatos de TMEF (Anexo 5) y TMPR (Anexo 6), para determinar el porcentaje de disponibilidad final de las grúas articuladas (Anexo 7). Los procedimientos efectuados se indicaron en la Figura 1.

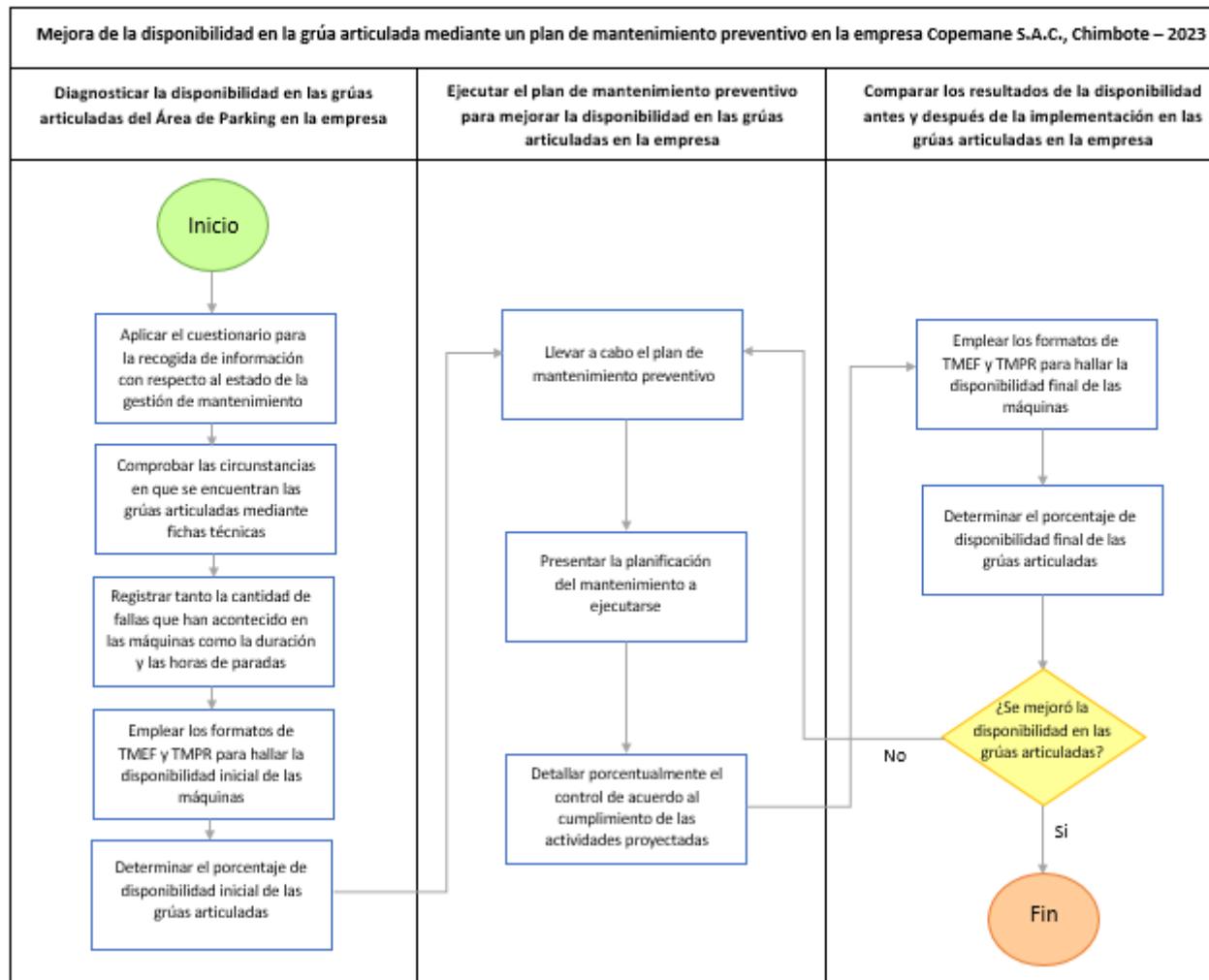


Figura 1. Procedimientos para conseguir los objetivos del proyecto

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

La técnica de procesamiento de información desarrollado en esta investigación, se inició con la evaluación del estado actual referido a la gestión de mantenimiento que existe en las máquinas de la compañía Copemane S.A.C., luego se aplicó el plan de mantenimiento preventivo respecto a las grúas articuladas y, finalmente, se evaluó el efecto de su utilidad en cuanto a la disponibilidad propia de las maquinarias. El proceso de análisis se demostró en la Tabla 3.

Tabla 3. *Método de análisis de datos*

OBJETIVOS	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Diagnosticar la disponibilidad en las grúas articuladas del Área de Parking en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023	Encuesta	Cuestionario de Auditoría de Gestión de Mantenimiento (Anexo 2)	Diagnóstico del estado actual de la gestión de mantenimiento
	Observación no experimental	Ficha Técnica de Mantenimiento (Anexo 3)	Circunstancias en que se encuentran las grúas articuladas
	Análisis documental	Registro de Fallas (Anexo 4)	Listado de cantidad de fallas, duración y horas de paradas acontecidas en las máquinas
		Formato de Tiempo Medio entre Fallas (TMEF) (Anexo 5)	Datos precisos de las horas de operación y el número de fallas
		Formato de Tiempo Medio para Reparación (TMPR) (Anexo 6)	Datos precisos de las horas de paradas no programadas y el número de fallas
Formato de Disponibilidad (Anexo 7)	Porcentaje de disponibilidad inicial de las grúas articuladas		
Ejecutar el plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en las grúas articuladas en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023	Análisis documental	Plan de Mantenimiento Preventivo y Control de Cumplimiento de Mantenimiento (Anexo 8)	Planificación de mantenimiento, detallando el porcentaje de cumplimiento de actividades

Comparar los resultados de la disponibilidad antes y después de la implementación en las grúas articuladas en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023	Análisis documental - Observación experimental	Formato de Tiempo Medio entre Fallas (TMEF) (Anexo 5)	Datos precisos de las horas de operación y el número de fallas
		Formato de Tiempo Medio para Reparación (TMPR) (Anexo 6)	Datos precisos de las horas de paradas no programadas y el número de fallas
		Formato de Disponibilidad (Anexo 7)	Porcentaje de disponibilidad final de las grúas articuladas

Fuente: Elaboración propia

3.7. Aspectos éticos

En el presente trabajo, se respetaron las normas concernientes al código de ética señaladas por el Vicerrectorado de Investigación, ello conforme a:

El Artículo 1, ya que la investigación promovió la honestidad acatando los modelos de disciplina, compromiso e integridad. Así mismo, el Artículo 3, puesto que estuvo encaminado a los principios de la integridad científica, tales como: Autonomía, pues todo individuo involucrado en el desarrollo de la investigación, ha sido autónomo y tuvo la potestad de llevar a cabo sus propias iniciativas; Honestidad intelectual, dado que las personas implicadas en el avance del proyecto, fueron conscientes de sus propias faltas o desaciertos, siendo así reflexivos al momento de exponer sus ideas o posturas y; en definitiva, Equidad, porque todos los participantes en el desarrollo del estudio, recibieron un trato justo, además de estando salvaguardado y/o protegido los datos e información de cada uno de ellos. Y, por otro lado, el Artículo 10, debido a que se consideró la diplomacia de copia o imitación, fomentando la autenticidad de la investigación por parte de los autores.

Así también, se contó con la autorización de la compañía Copemane S.A.C., para el manejo de los datos o información. Ello reflejada mediante una carta, la misma que se presentó en el Anexo 11.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la disponibilidad en las grúas articuladas

Para diagnosticar la disponibilidad en las grúas articuladas, se realizó un Cuestionario de auditoría (Anexo 2) con apoyo del libro de auditoría de mantenimiento propio del Instituto RENOVETEC; esto conforme a los ocho criterios del mantenimiento, con la finalidad de evaluar el estado inicial respecto a la gestión de mantenimiento que existía en las máquinas de la compañía Copemane S.A.C.; considerando como 1er Criterio (ítems 1-28), 2do Criterio (ítems 29-42), 3er Criterio (ítems 43-49), 4to Criterio (ítems 50-60), 5to Criterio (ítems 61-67), 6to Criterio (ítems 68-79), 7mo Criterio (ítems 80-91) y 8vo Criterio (ítems 92-104); asimismo, un rango de valores referente al Sistema de mantenimiento: <40% (Muy deficiente), 40-60% (Aceptable pero mejorable), 60-75% (Bueno), 75-85% (Muy bueno) y >85% (Excelente).

Tabla 4. Resultado del estado inicial de la gestión de mantenimiento

Criterios de Auditoría de Gestión de Mantenimiento	Puntuación Obtenida	Puntuación Óptima	Cumplimiento (%)
1. Capacidad y Desempeño del Personal de Mantenimiento	46	84	27
2. Instrumentos y Medios Técnicos	26	42	15
3. Mantenimiento Preventivo y Plan de Mantenimiento	10	21	6
4. Organización de Mantenimiento Correctivo	16	33	10
5. Técnicas de Mantenimiento	11	21	7
6. Análisis de la Información	20	36	12
7. Gestión de Repuestos	21	36	13
8. Resultados de Mantenimiento	18	39	11
Total	168	312	100
Índice de Conformidad (%)		53.85	

Fuente: Elaboración propia - Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 2)

De acuerdo a la Tabla 4, se establecieron el total de puntajes obtenidos por los ocho criterios analizados en base al cuestionario de auditoría; en donde se evidenció que, en la empresa Copemane S.A.C., sobresalió el criterio Capacidad y Desempeño del Personal de Mantenimiento, que hizo referencia a un valor considerable de 46 puntos del cuestionario; ello debido a que, dentro de la compañía, los operarios eran reconocidos en su trabajo y se les satisfacían sus necesidades para una adecuada labor, además que estaban satisfechos con sus horarios y habían sido bien retribuidos. Por otro lado, se obtuvo que el Mantenimiento Preventivo y Plan de Mantenimiento, las Técnicas de Mantenimiento y la Organización de Mantenimiento Correctivo, fueron los tipos de criterios más graves; los cuales refirieron porcentajes del 6%, 7% y 10%, respectivamente. Esto a causa de que la compañía Copemane S.A.C.; no disponía con tareas o labores fundamentales para garantizar una mejor disponibilidad en las grúas articuladas, no realizaban procedimientos o métodos conforme a lo que se requería, ni tampoco poseían una adecuada sistematización en las actividades de mantenimiento para asegurar la operación óptima en las máquinas. En consecuencia, todo esto determinó que la empresa presentaba un inapropiado Sistema de gestión de mantenimiento; por tanto, ha sido necesario efectuar acciones rápidas, a fin de perfeccionarlo. Ahora bien, teniendo en cuenta los criterios de mantenimiento, el índice de conformidad reflejó un valor del 53.85%, lo cual indicó que el Sistema de mantenimiento, en la corporación, fue aceptable pero mejorable; haciendo posible, a través de herramientas, mejorar ciertas deficiencias identificadas mediante el cuestionario de auditoría.

Así pues, dicho cuestionario permitió valorar la gestión de mantenimiento inicial; cuyos resultados han sido estructurados en base a puntos analizados, tales como: Graves deficiencias (0), Deficiencias importantes (1), Susceptibles de mejora (2) y Resultado excelente (3).

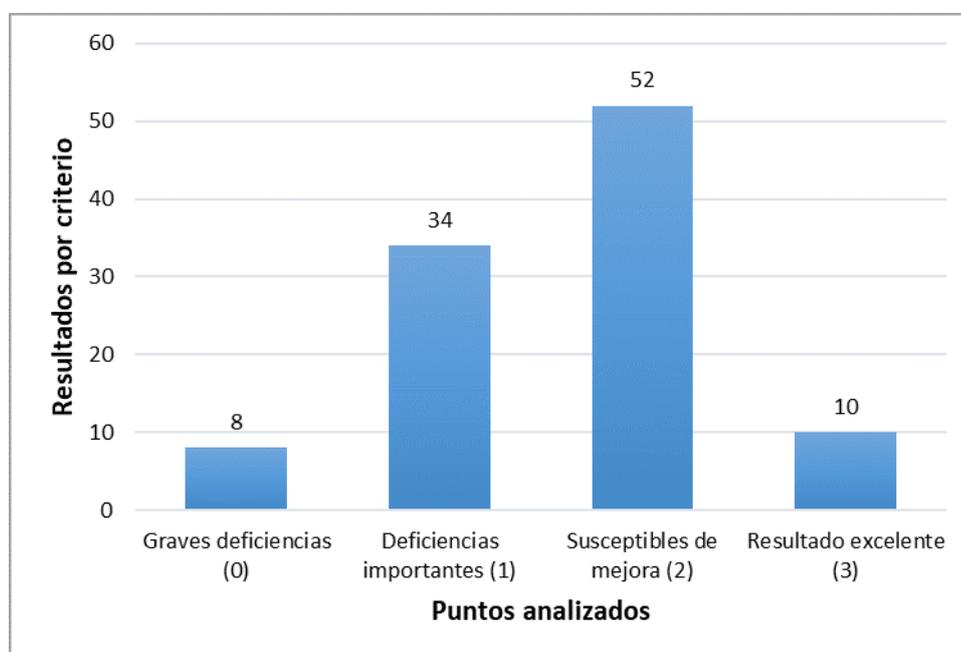


Figura 2. *Resultado inicial de puntos analizados de mantenimiento*

Fuente: Elaboración propia - Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 2)

Con respecto a la Figura 2, se determinaron los valores totales obtenidos por los puntos analizados en el cuestionario de auditoría inicial; en donde se evidenció que, en la empresa Copemane S.A.C., resaltó el punto Susceptibles de mejora (2) que hizo referencia a un total de 52 preguntas contestadas en el cuestionario; lo cual, indicó que la compañía empleaba un Sistema de gestión de mantenimiento positivo, sin embargo, precisaba optimizar diversos aspectos deficientes que implicaban una amenaza en relación al mismo; pues mejorando ello, se buscaría lograr resultados sobresalientes.

Después de haber realizado la evaluación del estado inicial referente a la gestión de mantenimiento existente en las grúas articuladas; se llevó a cabo el registro del número de fallas, duración y horas de paradas no programadas ocurridas en las 6 máquinas (Anexo 4); en donde, tales valores fueron conseguidos en función a los datos obtenidos de los 12 meses del año 2022. Seguido a ello, se hizo uso de los formatos de tiempo medio entre fallas (Anexo 5), tiempo medio para reparación (Anexo 6) y disponibilidad (Anexo 7). Esto con la finalidad de obtener el Tiempo medio entre fallas (TMEF) (Tabla 5), Tiempo medio para reparación (TMPR) (Tabla 6) y, en consecuencia, establecer el porcentaje de Disponibilidad inicial de las grúas articuladas (Tabla 7).

Tabla 5. *Tiempo medio entre fallas (TMEF)*

Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)					
Máquina	Sistema	Horas de Operación	Nº de Fallas	TMEF (Horas/falla)	TMEF Total (Horas/falla)
Grúa Articulada (AP-01)	Hidráulico	225.9	23	9.82	15.65
	Izaje	367.6	15	24.51	
	Control	328.1	26	12.62	
Grúa Articulada (AP-02)	Hidráulico	416.8	22	18.95	18.46
	Izaje	307.2	28	10.97	
	Control	483.9	19	25.47	
Grúa Articulada (BT-01)	Hidráulico	259.7	27	9.62	9.26
	Izaje	174.1	20	8.71	
	Control	236.5	25	9.46	
Grúa Articulada (BT-02)	Hidráulico	217.4	31	7.01	7.36
	Izaje	176.5	24	7.35	
	Control	154.3	20	7.72	
Grúa Articulada (MT-01)	Hidráulico	270.1	14	19.29	15.19
	Izaje	246.9	26	9.50	
	Control	352.4	21	16.78	
Grúa Articulada (MT-02)	Hidráulico	206.2	17	12.13	12.04
	Izaje	319.7	21	15.22	
	Control	254.3	29	8.77	

Fuente: Elaboración propia - Formato de tiempo medio entre fallas (Anexo 5)

Tabla 6. Tiempo medio para reparación (TMPR)

Tiempo Medio Para Reparación (TMPR)					
Máquina	Sistema	Horas de Paradas No Programadas	Nº de Fallas	TMPR (Horas/falla)	TMPR Total (Horas/falla)
Grúa Articulada (AP-01)	Hidráulico	40	23	1.74	1.07
	Izaje	13	15	0.87	
	Control	16	26	0.62	
Grúa Articulada (AP-02)	Hidráulico	41.5	22	1.89	1.17
	Izaje	25.5	28	0.91	
	Control	13.5	19	0.71	
Grúa Articulada (BT-01)	Hidráulico	48.5	27	1.80	1.05
	Izaje	17	20	0.85	
	Control	12.5	25	0.50	
Grúa Articulada (BT-02)	Hidráulico	45.5	31	1.47	0.98
	Izaje	23	24	0.96	
	Control	10	20	0.50	
Grúa Articulada (MT-01)	Hidráulico	25.5	14	1.82	1.14
	Izaje	23	26	0.88	
	Control	15	21	0.71	
Grúa Articulada (MT-02)	Hidráulico	30.5	17	1.79	1.17
	Izaje	23	21	1.10	
	Control	18	29	0.62	

Fuente: Elaboración propia - Formato de tiempo medio para reparación (Anexo 6)

Tabla 7. Disponibilidad inicial de las grúas articuladas

Disponibilidad					
Máquina	Sistema	Horas de Operación	Horas de Paradas No Programadas	Disponibilidad (%)	Disponibilidad Total (%)
Grúa Articulada (AP-01)	Hidráulico	225.9	40	82.29	91.29
	Izaje	367.6	13	96.46	
	Control	328.1	16	95.12	
Grúa Articulada (AP-02)	Hidráulico	416.8	41.5	90.04	92.98
	Izaje	307.2	25.5	91.70	
	Control	483.9	13.5	97.21	
Grúa Articulada (BT-01)	Hidráulico	259.7	48.5	81.32	88.76
	Izaje	174.1	17	90.24	
	Control	236.5	12.5	94.71	
Grúa Articulada (BT-02)	Hidráulico	217.4	45.5	79.07	86.52
	Izaje	176.5	23	86.97	
	Control	154.3	10	93.52	
Grúa Articulada (MT-01)	Hidráulico	270.1	25.5	90.56	92.33
	Izaje	246.9	23	90.68	
	Control	352.4	15	95.74	
Grúa Articulada (MT-02)	Hidráulico	206.2	30.5	85.21	90.31
	Izaje	319.7	23	92.81	
	Control	254.3	18	92.92	

Fuente: Elaboración propia - Formato de disponibilidad (Anexo 7)

Referente a la Tabla 5; según el Tiempo medio entre fallas (TMEF), se obtuvo que el número de fallas presentados de enero a diciembre del anterior año, ha sido alto; mientras que las horas de operación fueron limitadas, como resultado de las malas prácticas de trabajo. Así mismo, con relación a la Tabla 6; según el Tiempo medio para reparación (TMPR), se obtuvo una elevada cifra tanto en las horas de paradas no programadas como en el número de fallas, pudiendo deberse a sucesos inoportunos respecto a las máquinas, a causa de que éstas no se hallaban aptas en el momento que se les necesitaba para su función. De igual manera, en cuanto a la Tabla 7; según la Disponibilidad inicial de las grúas articuladas, se obtuvieron resultados entre 86% - 92% sobre la disponibilidad, considerando los sistemas Hidráulico, Izaje y Control; siendo el primero de ellos, el más grave o crítico. Pues, ello se interpretó como un índice bueno, que podría ser optimizado mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo.

4.2. Ejecución del plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo fue realizado con apoyo del Manual del Operador de la grúa articulada y; simultáneamente, con las fichas técnicas de mantenimiento (Anexo 3), los cuales brindaron información sobre las inspecciones técnicas efectuadas a cada una de las 6 máquinas. Así también, se consideraron los resultados obtenidos a partir de los formatos del Tiempo medio entre fallas (TMEF), Tiempo medio para reparación (TMPR) y de la Disponibilidad inicial; que contribuyeron en la elaboración de un instrumento conforme a las dificultades o problemas que fueron evidenciados en las grúas articuladas. Ahora bien, se tuvo en cuenta la planificación de las diferentes actividades en base al diagnóstico realizado por la Auditoría, que evidenció la gestión de mantenimiento en la empresa con aspectos deficientes; surgiendo así, un adecuado plan de mantenimiento preventivo, lo que permitió llevarse a cabo, tanto la programación del mantenimiento preventivo (Anexo 12) como la programación del mantenimiento autónomo (Anexo 13); además del desarrollo de un flujograma referido al proceso de dicho mantenimiento preventivo (Anexo 18). Así pues, en la Tabla 8 se diseñó un Plan de mantenimiento preventivo; el mismo que comprendió tanto el Plan de Mantenimiento, en donde se especificaron los tipos de sistemas que poseen las máquinas, los componentes, las actividades a realizar, los materiales a utilizar, los costos de mantenimiento respectivos (en soles), la duración (en horas), el responsable, la cantidad de personal, la frecuencia (en horas) y el tipo de mantenimiento a efectuarse; así como el Control de Mantenimiento, en donde se presentaron las frecuencias (en horas) del mantenimiento por cada sistema propio de las máquinas, el encargado correspondiente y el cumplimiento (en porcentaje) de cada uno. De esta manera, dicha propuesta estuvo enfocada en todas las grúas articuladas; en donde se consiguió optimizar la gestión de mantenimiento y, por tanto, mejorar su disponibilidad por medio de la proyección del Plan de mantenimiento preventivo (Anexo 8); puesto que tales máquinas no se encontraban activas ni podían ser empleadas al momento de su necesidad, debido a la ocurrencia de fallas y paradas inesperadas que generaban costos por reparación.

Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo

Plan de Mantenimiento									
Empresa: Copemane S.A.C.			Área: Parking			Año: 2023			
Sistema	Componente	Actividad	Material	Costo de Mantenimiento (S/.)	Duración (Hr)	Responsable	Número de Personal	Frecuencia (Hr)	Tipo de Mantenimiento
Hidráulico	Válvulas distribuidoras	Limpiar totalmente y controlar los daños	Trapo industrial, juego de llaves mixtas y alcohol isopropílico	75.25	2	Tec. Mecánico	2	360	PREVENTIVO
	Válvulas de cierre	Inspeccionar el estado general	Juego de llaves mixtas y juego de dados	46.19	1	Tec. Mecánico	1	360	PREVENTIVO
	Válvulas de flujo	Controlar el tiempo de llenado y vacío del actuador	Medidor de flujo	351.09	0.5	Tec. Mecánico	1	360	PREVENTIVO
	Válvulas de presión	Revisar la presión de entrada y salida	Kit portátil de prueba de presión	297.09	0.5	Tec. Mecánico	1	360	PREVENTIVO
	Válvulas secuenciadoras	Verificar el nivel de aceite en el circuito	Varilla de medición de aceite	86.09	0.5	Tec. Mecánico	1	360	PREVENTIVO
	Válvulas de frenado	Supervisar la velocidad de retorno del motor	Regulador de velocidad	57.09	0.5	Tec. Mecánico	1	360	PREVENTIVO
Izaje	Biela B	Controlar el peso bajo de la carga total	Celda de carga de medidor de tensión	82.19	1	Tec. Mecánico	1	540	PREVENTIVO
	Biela D	Verificar la conexión de palanca entre el brazo principal y el secundario, y el movimiento del brazo secundario a velocidad constante	Trapo industrial, juego de bielas y llave para bielas	109.88	1.5	Tec. Mecánico	2	540	PREVENTIVO
	Biela E	Inspeccionar el aumento de la capacidad de elevación de la grúa en posición elevada del brazo	Trapo industrial, juego de bielas y llave para bielas	149.19	1.5	Tec. Mecánico	2	540	PREVENTIVO
Control	Dispositivo de nivelación	Comprobar la posición totalmente horizontal o nivelada de la grúa	Asistente de nivelación con mando a distancia	216.09	0.5	Tec. Mecánico	1	720	PREVENTIVO
	Limitador de capacidad nominal	Verificar que todas las funciones de la grúa queden inhabilitadas previo a la llegada de la zona de sobrecarga	Alarma de sonido de limitador de momento de carga (Display)	162.19	1	Tec. Mecánico	1	720	PREVENTIVO
	Indicador de la capacidad nominal	Asegurar que la carga total no exceda del 90% de la capacidad nominal	Alarma de luz de indicador de momento de carga (Display)	242.19	1	Tec. Mecánico	1	720	PREVENTIVO
	Parada de emergencia	Garantizar el bloqueo instantáneo de todos los movimientos de la grúa	Pulsador de emergencia	31.09	0.5	Tec. Mecánico	1	720	PREVENTIVO
	Dispositivo del "hombre muerto"	Establecer el retorno automático del puesto de mando a su posición natural y la alerta en caso de ausencias inesperadas por parte de los operarios	Palanca de mando con interruptor de "hombre muerto"	81.09	0.5	Tec. Mecánico	1	720	PREVENTIVO
	Control de longitud de la pluma	Determinar la longitud de la pluma en todo momento de la operación	Cable transmisor de longitud	422.19	1	Tec. Mecánico	1	720	PREVENTIVO
	Válvulas de sujeción de carga con pilotaje	Evitar los movimientos incontrolados en caso de rotura de la conducción hidráulica	Válvulas de retención de carga	746.56	1.5	Tec. Mecánico	2	720	PREVENTIVO
	Mallas protectoras para latiguillos	Resguardar las mangueras hidráulicas que contengan fluido a una presión superior a 5 Mpa, tengan una temperatura mayor de 50°C y estén situadas a menos de 1 m del operador	Mallas de seguridad	282.19	1	Tec. Mecánico	1	720	PREVENTIVO
Indicador de transporte	Verificar el momento en que la altura de la grúa sobrepasa el valor máximo predeterminado	Sensor de ángulo de longitud	311.09	0.5	Tec. Mecánico	1	720	PREVENTIVO	

Fuente: Elaboración propia - Plan de mantenimiento en base a las actividades planificadas (Anexo 8)

Control de Mantenimiento

Fecha de Elaboración: Junio de 2023

Máquina	Sistema	Marca	Modelo	Meses (Horas)												Responsable	Cumplimiento (%)
				Julio				Agosto				Septiembre					
				180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160		
Grúa Articulada (AP-01)	Hidráulico	TKA CRANES	TKA - 5700		X		X		X		X		X		X	Tec. Jeanpool	83.33
	Izaje					X		X		X		X		X	Tec. Carlos	100.00	
	Control					X			X				X		X	Tec. Jeanpool	100.00
Grúa Articulada (AP-02)	Hidráulico	TKA CRANES	TKA - 23700		X		X		X		X		X		X	Tec. Jeanpool	83.33
	Izaje					X		X		X		X		X	Tec. Carlos	100.00	
	Control					X			X				X		X	Tec. Jeanpool	100.00
Grúa Articulada (BT-01)	Hidráulico	TKA CRANES	TKA - 5700		X		X		X		X		X		X	Tec. Jeanpool	100.00
	Izaje					X		X		X		X		X	Tec. Carlos	75.00	
	Control					X			X				X		X	Tec. Jeanpool	100.00
Grúa Articulada (BT-02)	Hidráulico	TKA CRANES	CA13		X		X		X		X		X		X	Tec. Jeanpool	100.00
	Izaje					X		X		X		X		X	Tec. Carlos	75.00	
	Control					X			X				X		X	Tec. Jeanpool	100.00
Grúa Articulada (MT-01)	Hidráulico	TKA CRANES	TKA - 17700		X		X		X		X		X		X	Tec. Jeanpool	83.33
	Izaje					X		X		X		X		X	Tec. Carlos	100.00	
	Control					X			X				X		X	Tec. Jeanpool	100.00
Grúa Articulada (MT-02)	Hidráulico	PM GROUP S.P.A.	PM 6023		X		X		X		X		X		X	Tec. Jeanpool	100.00
	Izaje					X		X		X		X		X	Tec. Carlos	75.00	
	Control					X			X				X		X	Tec. Jeanpool	100.00

Fuente: Elaboración propia - Control de cumplimiento del mantenimiento empleado por la compañía Copemane S.A.C. (Anexo 8)

4.3. Comparación de los resultados de la disponibilidad antes y después de la implementación

Luego de llevado a cabo el Plan de mantenimiento preventivo (Tabla 8); se aplicó, nuevamente, el Cuestionario de auditoría (Anexo 2) con la finalidad de evaluar el estado final respecto a la gestión de mantenimiento que existía en las máquinas de la compañía Copemane S.A.C. Tanto el puntaje total obtenido como el índice de conformidad que representa en relación a la gestión de mantenimiento, se indicaron en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultado del estado final de la gestión de mantenimiento

Criterios de Auditoría de Gestión de Mantenimiento	Puntuación Obtenida	Puntuación Óptima	Cumplimiento (%)
1. Capacidad y Desempeño del Personal de Mantenimiento	56	84	24
2. Instrumentos y Medios Técnicos	34	42	15
3. Mantenimiento Preventivo y Plan de Mantenimiento	18	21	8
4. Organización de Mantenimiento Correctivo	25	33	11
5. Técnicas de Mantenimiento	21	21	9
6. Análisis de la Información	23	36	10
7. Gestión de Repuestos	29	36	12
8. Resultados de Mantenimiento	27	39	12
Total	233	312	100
Índice de Conformidad (%)		74.68	

Fuente: Elaboración propia - Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 2)

De acuerdo a la Tabla 9, se establecieron el total de puntajes obtenidos por los ocho criterios analizados en base al cuestionario de auditoría; en donde, se obtuvieron puntuaciones mayores referente al resultado del estado final, a diferencia de las puntuaciones conseguidas concerniente al resultado del estado inicial. Esto producto del desarrollo de actividades tanto preventivas como correctivas, para así perfeccionar el Sistema de la gestión de mantenimiento, lo que se reflejó en el aumento del cumplimiento en los aspectos del Mantenimiento Preventivo y Plan de Mantenimiento, con un porcentaje del 8%, debido a la adaptación del Plan de mantenimiento preventivo (Tabla 8) al conjunto de grúas articuladas; las Técnicas de Mantenimiento, con un porcentaje del 9%, puesto que dicha herramienta ha sido la más idónea para el beneficio del Área de Parking y; la Organización de Mantenimiento Correctivo, con un porcentaje del 11%, ya que se realizó un apropiado esquema estructural en cuanto a las tareas de mantenimiento a fin de garantizar el mejor provecho en las máquinas. Además, que el aspecto de Resultados de Mantenimiento, aumentó su porcentaje en un 12%, dado que el plan de mantenimiento preventivo, posteriormente aplicado, contribuyó en el incremento de la disponibilidad en las 6 grúas articuladas. De igual forma, considerando los criterios de mantenimiento, el índice de conformidad reflejó un valor considerable equivalente al 74.68%, lo cual indicó que hubo mejoras en los criterios solicitados, ello certificando que la empresa manejó un buen Sistema de mantenimiento; haciendo posible así, mediante la prevención, optimizar la gestión de mantenimiento en la compañía.

De esta manera, dicho cuestionario permitió valorar la gestión de mantenimiento final; cuyos resultados fueron estructurados conforme a puntos analizados, como son: Graves deficiencias (0), Deficiencias importantes (1), Susceptibles de mejora (2) y Resultado excelente (3).

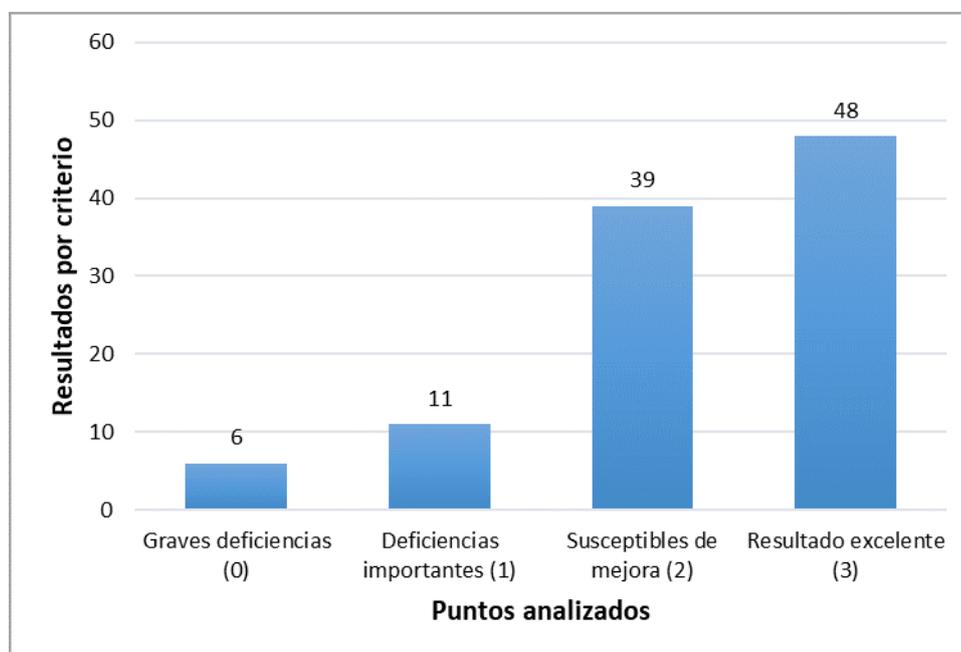


Figura 3. *Resultado final de puntos analizados de mantenimiento*

Fuente: Elaboración propia - Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 2)

Con respecto a la Figura 3, se determinaron los valores totales obtenidos por los puntos analizados en el cuestionario de auditoría final; en donde se evidenció que, en la empresa Copemane S.A.C., resaltó el punto Resultado excelente (3) que hizo referencia a un total de 48 preguntas contestadas en el cuestionario; por tanto, indicó que la corporación empleó un Sistema de gestión de mantenimiento efectivo, de modo que logró resultados destacados, a través de la mejora de los diferentes aspectos deficientes que traían consigo.

Después de haber efectuado la evaluación del estado final referido a la gestión de mantenimiento existente en las grúas articuladas, se realizó el registro del número de fallas, duración y horas de paradas no programadas acontecidas en cada una de las 6 máquinas (Tablas 10, 11, 12, 13, 14 y 15), respectivamente; en el que dichos valores fueron obtenidos en base a los datos alcanzados entre julio y septiembre del año actual; con el fin de comprobar el impacto de la aplicación del Plan de mantenimiento preventivo (Tabla 8). Seguidamente, se emplearon los formatos respectivos con el propósito de conseguir el Tiempo medio entre fallas (TMEF) (Tabla 16) y el Tiempo medio para reparación (TMPR) (Tabla 17), para así determinar el porcentaje de Disponibilidad final de las grúas articuladas (Tabla 18).

Tabla 10. Listado de fallas - Grúa Articulada (AP-01)

Registro de Fallas						
Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (AP-01)	Hidráulico	Válvulas distribuidoras	Julio	3	2	6
	Control	Parada de emergencia	Agosto	2	0.5	1
	Izaje	Biela D	Septiembre	4	1	4
			Total	9		11

Fuente: Elaboración propia - Formato de registro de fallas (Anexo 4)

Tabla 11. Listado de fallas - Grúa Articulada (AP-02)

Registro de Fallas						
Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (AP-02)	Control	Indicador de transporte	Julio	2	0.5	1
	Hidráulico	Válvulas de presión	Agosto	2	2	4
	Izaje	Biela B	Septiembre	3	1	3
Total				7		8

Fuente: Elaboración propia - Formato de registro de fallas (Anexo 4)

Tabla 12. Listado de fallas - Grúa Articulada (BT-01)

Registro de Fallas						
Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (BT-01)	Izaje	Biela E	Julio	1	1.5	1.5
	Hidráulico	Válvulas de flujo	Agosto	4	2	8
	Control	Indicador de la capacidad nominal	Septiembre	3	1	3
Total				8		12.5

Fuente: Elaboración propia - Formato de registro de fallas (Anexo 4)

Tabla 13. Listado de fallas - Grúa Articulada (BT-02)

Registro de Fallas						
Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (BT-02)	Control	Dispositivo de nivelación	Julio	1	0.5	0.5
	Izaje	Biela E	Agosto	5	1.5	7.5
	Hidráulico	Válvulas secuenciadoras	Septiembre	4	1	4
Total				10		12

Fuente: Elaboración propia - Formato de registro de fallas (Anexo 4)

Tabla 14. Listado de fallas - Grúa Articulada (MT-01)

Registro de Fallas						
Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (MT-01)	Hidráulico	Válvulas de frenado	Julio	1	1.5	1.5
	Izaje	Biela B	Agosto	4	1.5	6
	Control	Limitador de capacidad nominal	Septiembre	2	1	2
				Total	7	

Fuente: Elaboración propia - Formato de registro de fallas (Anexo 4)

Tabla 15. Listado de fallas - Grúa Articulada (MT-02)

Registro de Fallas						
Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (MT-02)	Izaje	Biela D	Julio	2	1	2
	Control	Control de longitud de la pluma	Agosto	1	0.5	0.5
	Hidráulico	Válvulas de cierre	Septiembre	3	1.5	4.5
			Total	6		7

Fuente: Elaboración propia - Formato de registro de fallas (Anexo 4)

Según las Tablas 10, 11, 12, 13, 14 y 15, se señalaron el listado de fallas reflejadas en las 6 grúas articuladas en función desde julio hasta septiembre. Por lo que, luego de ejecutarse el mantenimiento preventivo correspondiente, se minimizó la cantidad de fallas en dichas maquinarias con relación al número de fallas que fueron evidenciadas previamente a la aplicación de mencionado instrumento.

Tabla 16. Tiempo medio entre fallas (TMEF)

Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)					
Máquina	Sistema	Horas de Operación	Nº de Fallas	TMEF (Horas/falla)	TMEF Total (Horas/falla)
Grúa Articulada (AP-01)	Hidráulico	234.7	3	78.23	113.94
	Izaje	381.4	4	95.35	
	Control	336.5	2	168.25	
Grúa Articulada (AP-02)	Hidráulico	428.6	2	214.30	189.30
	Izaje	314.1	3	104.70	
	Control	497.8	2	248.90	
Grúa Articulada (BT-01)	Hidráulico	265.4	4	66.35	110.04
	Izaje	183.2	1	183.20	
	Control	241.7	3	80.57	
Grúa Articulada (BT-02)	Hidráulico	225.3	4	56.33	84.56
	Izaje	180.8	5	36.16	
	Control	161.2	1	161.20	
Grúa Articulada (MT-01)	Hidráulico	288.9	1	288.90	178.23
	Izaje	252.1	4	63.03	
	Control	365.5	2	182.75	
Grúa Articulada (MT-02)	Hidráulico	211.4	3	70.47	165.67
	Izaje	327.3	2	163.65	
	Control	262.9	1	262.90	

Fuente: Elaboración propia - Formato de tiempo medio entre fallas (Anexo 5)

Tabla 17. Tiempo medio para reparación (TMPR)

Tiempo Medio Para Reparación (TMPR)					
Máquina	Sistema	Horas de Paradas No Programadas	Nº de Fallas	TMPR (Horas/falla)	TMPR Total (Horas/falla)
Grúa Articulada (AP-01)	Hidráulico	6	3	2.00	1.17
	Izaje	4	4	1.00	
	Control	1	2	0.50	
Grúa Articulada (AP-02)	Hidráulico	4	2	2.00	1.17
	Izaje	3	3	1.00	
	Control	1	2	0.50	
Grúa Articulada (BT-01)	Hidráulico	8	4	2.00	1.50
	Izaje	1.5	1	1.50	
	Control	3	3	1.00	
Grúa Articulada (BT-02)	Hidráulico	4	4	1.00	1.00
	Izaje	7.5	5	1.50	
	Control	0.5	1	0.50	
Grúa Articulada (MT-01)	Hidráulico	1.5	1	1.50	1.33
	Izaje	6	4	1.50	
	Control	2	2	1.00	
Grúa Articulada (MT-02)	Hidráulico	4.5	3	1.50	1.00
	Izaje	2	2	1.00	
	Control	0.5	1	0.50	

Fuente: Elaboración propia - Formato de tiempo medio para reparación (Anexo 6)

Tabla 18. Disponibilidad final de las grúas articuladas

Disponibilidad					
Máquina	Sistema	Horas de Operación	Horas de Paradas No Programadas	Disponibilidad (%)	Disponibilidad Total (%)
Grúa Articulada (AP-01)	Hidráulico	234.7	6	97.44	98.70
	Izaje	381.4	4	98.95	
	Control	336.5	1	99.70	
Grúa Articulada (AP-02)	Hidráulico	428.6	4	99.07	99.30
	Izaje	314.1	3	99.04	
	Control	497.8	1	99.80	
Grúa Articulada (BT-01)	Hidráulico	265.4	8	96.99	98.31
	Izaje	183.2	1.5	99.18	
	Control	241.7	3	98.76	
Grúa Articulada (BT-02)	Hidráulico	225.3	4	98.22	97.92
	Izaje	180.8	7.5	95.85	
	Control	161.2	0.5	99.69	
Grúa Articulada (MT-01)	Hidráulico	288.9	1.5	99.48	98.85
	Izaje	252.1	6	97.62	
	Control	365.5	2	99.45	
Grúa Articulada (MT-02)	Hidráulico	211.4	4.5	97.87	99.02
	Izaje	327.3	2	99.39	
	Control	262.9	0.5	99.81	

Fuente: Elaboración propia - Formato de disponibilidad (Anexo 7)

Conforme a las Tablas 16 y 17, se obtuvieron resultados óptimos referidos al Tiempo medio entre fallas (TMEF) y al Tiempo medio para reparación (TMPR); de modo que, tal como se mostró en la Tabla 18, hubo una mejora considerable en los porcentajes de la Disponibilidad final de las grúas articuladas a comparación con los porcentajes de la Disponibilidad inicial anteriormente conseguidas, obteniéndose valores entre 97% - 99% sobre la misma. Por tanto, ello se interpretó como un índice muy bueno, debido a que la compañía Copemane S.A.C. emprendió acciones convenientes para un adecuado mantenimiento por parte de las máquinas; esto acorde a lo que se tenía pretendido lograr.

Así pues, con todo lo descrito, se evidenció una variación notable en cuanto a los porcentajes de Disponibilidad inicial y Disponibilidad final reflejados en las 6 maquinarias.

Tabla 19. *Cambio porcentual de la disponibilidad*

Cambio de la Disponibilidad			
Máquina	Disponibilidad Inicial (%)	Disponibilidad Final (%)	Cambio (%)
Grúa Articulada (AP-01)	91.29	98.70	7.41
Grúa Articulada (AP-02)	92.98	99.30	6.32
Grúa Articulada (BT-01)	88.76	98.31	9.55
Grúa Articulada (BT-02)	86.52	97.92	11.40
Grúa Articulada (MT-01)	92.33	98.85	6.52
Grúa Articulada (MT-02)	90.31	99.02	8.71

Fuente: Elaboración propia - Formato de disponibilidad (Anexo 7)

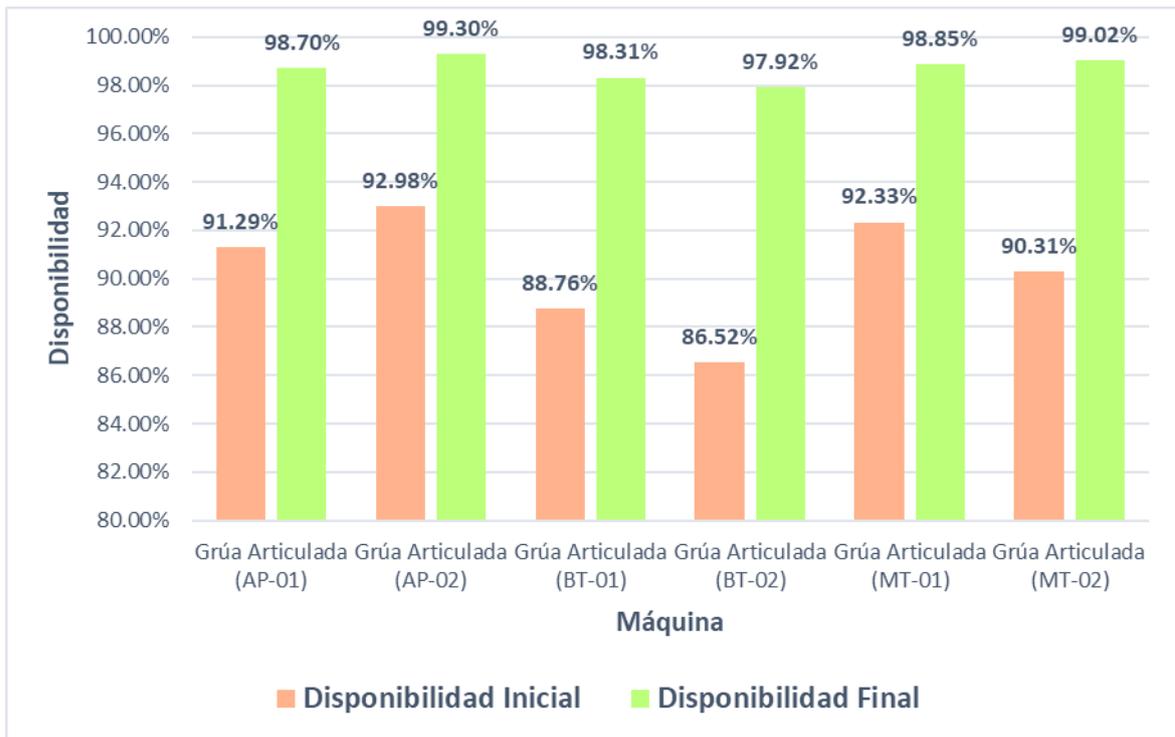


Figura 4. Cambio porcentual entre disponibilidad inicial y disponibilidad final

Fuente: Elaboración propia - Formato de disponibilidad (Anexo 7)

De acuerdo a la Tabla 19, se precisaron los valores totales referentes al cambio porcentual entre la Disponibilidad inicial y la Disponibilidad final obtenido por cada una de las 6 grúas articuladas, cuyo rango manifestó resultados entre 6% - 11%. Así mismo; con respecto a la Figura 4, teniendo en cuenta los porcentajes conseguidos tanto en la Disponibilidad inicial como en la Disponibilidad final sobre las máquinas, se destacó una diferencia relevante entre ambas, como efecto de la ejecución del mantenimiento preventivo.

Ahora bien, se efectuó un estudio estadístico con la finalidad de seleccionar la hipótesis más apropiada. Para ello, como punto de inicio, se llevó a cabo una Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk, ya que el valor de la muestra fue inferior a 50, en el que se alcanzaron los siguientes resultados:

➤ **Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk.**

H₀: Los datos siguen una distribución normal.

H₁: Los datos no siguen una distribución normal.

Si se cumple:

p-valor $\geq \alpha$, se acepta la Hipótesis Nula (H₀)

p-valor $< \alpha$, se acepta la Hipótesis Alternativa (H₁)

Tabla 20. *Estudio estadístico de Shapiro-Wilk*

Shapiro-Wilk Test

	DISPONIBILIDAD INICIAL	DISPONIBILIDAD FINAL
W-stat	0.9504	0.9731
p-value	0.7436	0.9127
alpha	0.05	0.05
normal	yes	yes

Fuente: Elaboración propia - Cambio porcentual de la disponibilidad (Tabla 19)

Según la Tabla 20, el p-valor de las Disponibilidades Inicial y Final, reflejaron valores de 0.7436 y 0.9127; respectivamente, los cuales han sido superiores al valor que detalló la significancia ($\alpha=0.05$). Por tanto, se concluyó que se aceptó la Hipótesis Nula (H₀), puesto que los datos presentados tanto en la Disponibilidad Inicial como en la Disponibilidad Final, siguieron o expresaron una distribución normal. Ello certificando que se pudo emplear, posteriormente, una prueba paramétrica.

Luego, considerando una distribución normal por parte de los datos, se llevó a cabo una Prueba de t-Student, en donde se consiguieron los siguientes resultados:

➤ **Prueba de t-Student.**

H₀: Un plan de mantenimiento preventivo no permitirá mejorar la disponibilidad en las grúas articuladas en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023.

H₁: Un plan de mantenimiento preventivo permitirá mejorar la disponibilidad en las grúas articuladas en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023.

Si se cumple:

$\mu_d \geq 0$, se acepta la Hipótesis Nula (H₀)

$\mu_d < 0$, se acepta la Hipótesis Alternativa (H₁)

Tabla 21. *Estudio estadístico de t-Student*

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	DISPONIBILIDAD INICIAL	DISPONIBILIDAD FINAL
Media	0.9037	0.9868
Varianza	0.000579	0.000025
Observaciones	6	6
Coefficiente de correlación de Pearson	0.9115	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	-10.3878	
P(T<=t) una cola	0.000071	
Valor crítico de t (una cola)	2.0150	

Fuente: Elaboración propia - Cambio porcentual de la disponibilidad (Tabla 19)

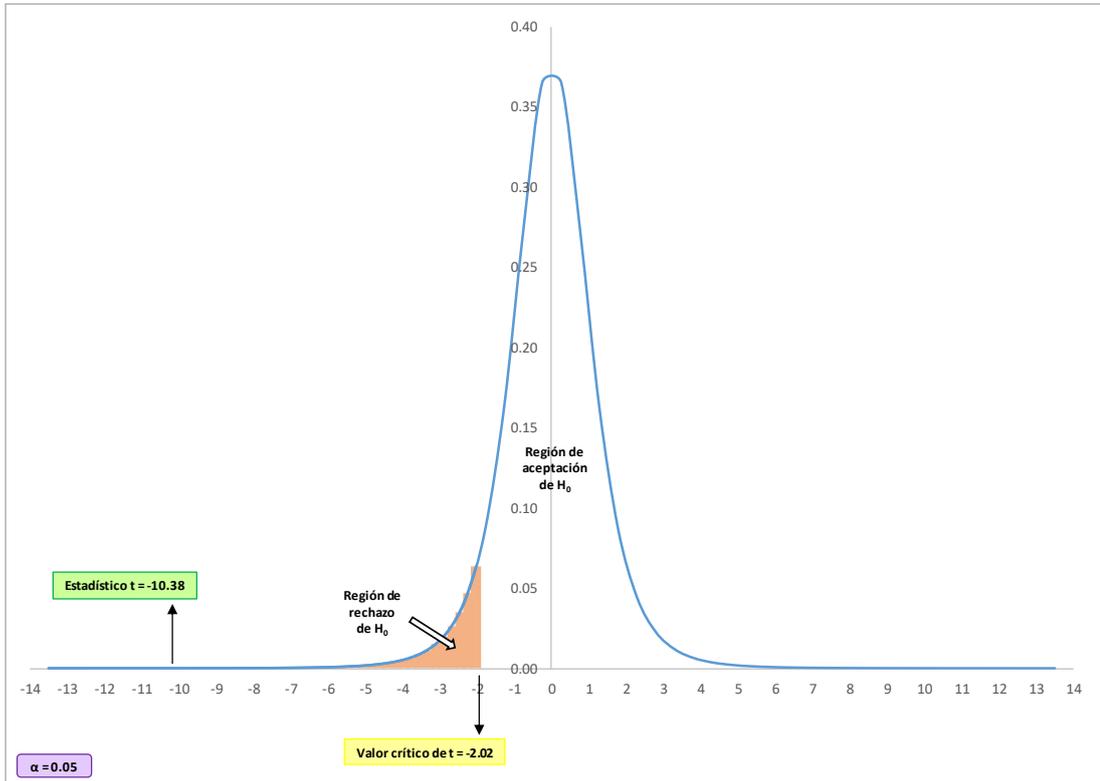


Figura 5. Prueba de hipótesis - Gráfico de Campana de Gauss

Fuente: Elaboración propia - Estudio estadístico - prueba de t-Student (Tabla 21)

De acuerdo a la Tabla 21, se determinó que el promedio o la media de la Disponibilidad Inicial y la Disponibilidad Final, evidenció valores de 0.9037 y 0.9868; correlativamente. En el cual, la diferencia de dichas medias indicó una estimación menor a 0, cuya valoración negativa ha sido -0.0831, ello comprobando que, en la Campana de Gauss, la cola fue hacia el lado izquierdo; de igual manera, se alcanzó un p-valor de 0.000071, el mismo que ha sido inferior que la significancia ($\alpha=0.05$). Y, por otro lado, el valor crítico de t en base a una cola, señaló un valor de 2.0150; pues, conforme al sentido de la cola en el gráfico, mencionada valoración se estableció como negativa. De esta manera, la Hipótesis Nula (H_0) se rechazó; es decir, que la Hipótesis Alternativa (H_1) se aceptó, dado que la Disponibilidad Final fue mayor que la Disponibilidad Inicial, después de haber aplicado el Plan de mantenimiento preventivo a las 6 máquinas de la compañía Copemane S.A.C., en los períodos trabajados del año 2023. Así también; con respecto a la Figura 5,

a partir de la prueba de t-Student, se alcanzó un valor negativo concerniente a la diferencia de las medias de las Disponibilidades Inicial y Final, en donde la Campana de Gauss presentó una cola con dirección izquierda con un valor crítico de t equivalente a -2.0150; asimismo, referente al estadístico t, se obtuvo un valor de -10.3878, lo cual manifestó que la H_0 se rechazara y la H_1 se aceptara; demostrando así, una diferencia significativa de la Disponibilidad Final en relación con la Disponibilidad Inicial. Aseverando, finalmente, que el plan de mantenimiento preventivo mejoró la disponibilidad en las grúas articuladas de la compañía Copemane S.A.C.

V. DISCUSIÓN

A través del presente proyecto, desarrollando cada uno de los objetivos propuestos mediante el uso de los instrumentos elaborados; se estableció que, el plan de mantenimiento preventivo permitió mejorar la disponibilidad en las 6 grúas articuladas de la compañía Copemane S.A.C., en donde se consiguió resultados óptimos entre 97% - 99% en la Disponibilidad final con relación a lo obtenido en la Disponibilidad inicial; ello reflejado en el incremento porcentual significativo entre 6% - 11% en la disponibilidad de dichas máquinas.

En cuanto a los resultados del 1er objetivo, que refirió el diagnosticar la disponibilidad en las grúas articuladas del Área de Parking; primero, se realizó un Cuestionario de Auditoría, con la finalidad de evaluar el estado inicial respecto a la gestión de mantenimiento que existía en las máquinas de la empresa, en el cual, de acuerdo a los criterios planteados, se evidenció un índice de conformidad equivalente al 53.85%, señalando que el Sistema de mantenimiento ha sido aceptable pero mejorable; lo que permitió optimizar, mediante herramientas, las diferentes deficiencias identificadas en dicho cuestionario. Ello considerando su artículo de Chang et al. (2020) denominado “Modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos”, quienes indicaron que una Auditoría de mantenimiento viene a ser una herramienta fundamental que determina las oportunidades de mejora en base a las actividades orientadas a la restauración de las máquinas a sus estados deseados. Pues, tales hallazgos se corresponden con lo presentado en su tesis de Reynoso (2021) denominada “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco – 2019”; ya que se realizó una Encuesta a fin de garantizar el mantenimiento de los vehículos de la compañía y, que luego de obtenidos los valores porcentuales de los criterios evaluados, se estableció un índice de conformidad igual a 36.30%, indicando que el Sistema de mantenimiento ha sido muy deficiente, hallándose carencias importantes en la gestión de mantenimiento de las máquinas en la corporación. Luego, se realizó el registro del número de fallas acontecidas en las 6 máquinas, los cuales evidenciaron cantidades altas en tiempos cortos de trabajo, lo que trajo consigo problemas

reiterativos en las grúas articuladas. Ello teniendo en cuenta su artículo de Vázquez, Rodríguez y Esteban (2023) denominado “Propuesta de programa de inspecciones periódicas para el mantenimiento preventivo de monopilotes marinos”, quienes definieron a la falla como la disposición o el estado no esperado que perjudica la potencia de una máquina, causando que no efectúe su servicio. Pues, tales hallazgos se corresponden con lo presentado en su tesis de Aquino y Atalaya (2020) denominada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la empresa GLOBALTRUCK E.I.R.L. 2018-2019”; dado que se manifestó un registro de fallas tanto inicial como final, en donde, primeramente demostró un número alto de fallas y, en última instancia, reflejó un número bajo sobre las mismas; lo que se asemejó a lo desarrollado en este proyecto, puesto que se mostró dicho instrumento anterior y posterior a la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo, del cual se alcanzaron resultados óptimos. Y seguidamente, se emplearon los formatos diseñados para obtener el Tiempo medio entre fallas y el Tiempo medio para reparación, a fin de establecer el porcentaje de Disponibilidad inicial de las 6 grúas articuladas. Ello considerando su tesis de Gutiérrez (2021) denominada “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en una Municipalidad”, quien afirmó que el TMEF se determina como el período promedio entre dos fallas sucesivas o el período promedio entre duraciones de mantenimiento; asimismo, señaló que el TMPR se determina mediante el promedio de los períodos técnicos de reparo o restauración y; por otro lado, en base a su artículo de Szkoda et al. (2021) denominado “Evaluación de la influencia del mantenimiento preventivo en los índices de confiabilidad y disponibilidad de locomotoras diésel”, quienes manifestaron que la Disponibilidad refleja el porcentaje de acuerdo al tiempo en que una máquina se encuentra apta para su aplicación dentro de un procedimiento. Pues, tales hallazgos se corresponden con lo presentado en sus tesis de Llauce (2017) denominada “Programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la motoniveladora CAT 120K en la Municipalidad Distrital de Masma” y de Rojas (2019) denominada “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una unidad minera en La Libertad, 2019”; debido a que mencionados instrumentos

contribuyeron en la obtención de los resultados de las Disponibilidades inicial y final, de tal manera, permitió evaluar el efecto de la ejecución de la herramienta de mejora, por medio de la comparación porcentual de ambas Disponibilidades propias de las máquinas. Así también, dichos instrumentos han sido utilizados en el presente proyecto, ya que los resultados conseguidos, hicieron posible el análisis del estado inicial de la Disponibilidad en las 6 grúas articuladas.

Referente a los resultados del 2do objetivo, que refirió el ejecutar el plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en las grúas articuladas; se tomó en cuenta la planificación de diferentes tareas o actividades para así ejecutar un adecuado Plan de Mantenimiento Preventivo, además de efectuarse la programación preventiva y autónoma del mismo. Ello considerando su artículo de Memari, Zarezadeh y Asadi (2021) denominado “Mantenimiento preventivo óptimo para redes reparables”, quienes manifestaron que el Mantenimiento Preventivo simboliza uno de los medios más significativos para minimizar la posibilidad de fallas en las máquinas, a través del reparo de sus componentes dañados; de igual manera, en base a su artículo de Li, Wang y Lin (2021) denominado “Optimización de la programación del mantenimiento preventivo basada en la sincronización oportunista de producción y mantenimiento”, quienes aseveraron que el Mantenimiento Preventivo viene a ser un grupo de labores preventivas a interrupciones evidenciadas a lo largo de la tarea funcional del sistema estudiado y; por otra parte, respecto a su artículo de Hashemi y Asadi (2021) denominado “Mantenimiento preventivo óptimo de sistemas coherentes: Un enfoque generalizado del proceso de Pólya”, quienes mencionaron que el Mantenimiento Preventivo refiere una cadena de tareas planeadas que se ejecutan con el fin de prever los fallos en las máquinas, permitiendo que cumplan sus servicios en óptimas condiciones. Pues, tales hallazgos se corresponden con lo presentado en su tesis de Chávez y Robles (2021) denominada “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos hidráulicos en la flota de una empresa pesquera, Lima 2021”; puesto que se ejecutó un Plan de Mantenimiento Preventivo con la finalidad de alcanzar tanto un incremento del TMEF como una minimización del TMPR, optimizando así, la Disponibilidad de las máquinas y; también, en su tesis de Romero (2022) denominada “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos Bolter 88D en

empresa IESA S.A.”; dado que se efectuó un Plan de Mantenimiento Preventivo con el objetivo de gestionar y disminuir los fallos mostrados en las máquinas, permitiendo así, la obtención de una Disponibilidad mecánica apropiada. Igualmente, con lo desarrollado en este proyecto, la propuesta de mejora estuvo enfocada en las 6 grúas articuladas, en el cual, mediante el Plan de Mantenimiento Preventivo, se consiguió optimizar la Disponibilidad en todas las maquinarias; tal como el incremento de las horas de operación y la disminución de las horas de reparo, conforme a los sistemas propios de las grúas articuladas; esto como efecto de la aplicación de mencionado instrumento.

Concerniente a los resultados del 3er objetivo, que refirió el comparar los resultados de la disponibilidad antes y después de la implementación en las grúas articuladas; primero, se aplicó nuevamente el Cuestionario de Auditoría, con la finalidad de evaluar el estado final respecto a la gestión de mantenimiento que existía en las máquinas de la empresa, en el cual, de acuerdo a los criterios planteados, se evidenció un índice de conformidad equivalente al 74.68%, señalando que el Sistema de mantenimiento ha sido bueno; lo que permitió optimizar dicha gestión, mediante la prevención. Pues, tales hallazgos se corresponden con lo presentado en su tesis de Reynoso (2021) denominada “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco – 2019”; debido a que se efectuó nuevamente la Encuesta, a fin de garantizar el mantenimiento de los vehículos de la compañía y, que luego de obtenidos los valores porcentuales de los criterios evaluados, se estableció un índice de conformidad igual a 50.27%, indicando que el Sistema de mantenimiento ha sido aceptable pero mejorable, haciendo posible, corregir las distintas carencias encontradas en la corporación. Luego, se llevó a cabo el registro del número de fallas acontecidas en las 6 máquinas, los mismos que evidenciaron una reducción en la cantidad presentada posteriormente a la adaptación del Plan de Mantenimiento Preventivo, en relación con la alta cantidad de fallas mostrada previamente. Y seguidamente, se emplearon los formatos diseñados para obtener el Tiempo medio entre fallas y el Tiempo medio para reparación, a fin de establecer el porcentaje de Disponibilidad final de las 6 grúas articuladas. Ello considerando su tesis de Ascón y Rossell (2021) denominada

“Plan de mantenimiento preventivo para incrementar el rendimiento total de la maquinaria pesada en la empresa JAR AGREGADOS Y SERVICIOS E.I.R.L., Cajamarca 2021”, quienes afirmaron que el TMEF refiere la probabilidad de que una máquina desempeñe provechosamente las tareas para lo que fue creada, dentro de un ciclo de tiempo detallado y en base a los medios de procedimientos establecidos; así mismo, señalaron que el TMPR viene a ser la probabilidad de que una máquina en condición de fallo, consiga ser reparada a un estado decretado, en un lapso de tiempo definido, y utilizando unos medios precisados y; por otro lado, en base a su artículo de Rayme y Díaz (2021) denominado “Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición”, quienes manifestaron que la Disponibilidad es la facultad que posee una máquina para ser empleada al momento de su necesidad, ello siendo el propósito vital del mantenimiento, ya que siempre que la disponibilidad es cuantificable, se puede calcular la utilidad del mantenimiento efectuado. Pues, tales hallazgos se corresponden con lo presentado en su tesis de Aldana (2019) denominada “Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A.”; por lo que, luego de la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo, se contribuyó en un aumento significativo del 87.51% al 91.57% referido a la disponibilidad en las máquinas, obteniendo una media del 4.06%; así también, en su tesis de Coro y Cotrina (2021) denominada “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en la empresa W&J MINERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.”; puesto que con el Plan de Mantenimiento Preventivo, la disponibilidad incrementó en la retroexcavadora JCB a un 49.63%, en la excavadora JCB a un 52.62%, en el volquete 18 cubos a un 65.51%, en la camioneta Hilux a un 65.19% y en el Bobcat JCB a un 36.11%, consiguiendo una media del 5.25% y; de igual manera, en su tesis de Cáceres (2022) denominada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C.”; dado que, posterior a la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo, se consiguió un 96.35% de disponibilidad referente a las máquinas, alcanzando aumentar la media en un 8%. De esta manera; en el

presente proyecto, luego de la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo, se obtuvo resultados entre 97% - 99% respecto a la Disponibilidad final de las grúas articuladas, logrando un incremento medio significativo entre 6% - 11% por parte de las máquinas. Comprobando así; que referido plan de mantenimiento preventivo, mejoró la disponibilidad en las 6 grúas articuladas propias de la compañía Copemane S.A.C.

VI. CONCLUSIONES

En base al desarrollo de este proyecto, se consiguió las siguientes conclusiones:

1. Respecto al Diagnóstico de la disponibilidad en las grúas articuladas; por medio del Cuestionario de Auditoría, se realizó la evaluación del estado inicial sobre la gestión de mantenimiento en las máquinas, en el que se evidenció un resultado de cumplimiento del 53.85%, señalando al Sistema de mantenimiento como aceptable pero mejorable; luego de ello, considerando el registro de fallas y los cálculos obtenidos en los instrumentos del TMEF y TMPR, se alcanzó una Disponibilidad inicial promedio del 90.37% referido a las 6 grúas articuladas. Concluyendo así, que dicho valor ha significado un índice bueno, el mismo que podría ser mejorado a través de la aplicación de un Plan de Mantenimiento Preventivo.
2. Conforme a la Ejecución del plan de mantenimiento preventivo; se tomó en cuenta tanto el Plan de Mantenimiento, especificando las tareas de prevención a realizar; así como el Control de Mantenimiento, presentando la periodicidad y el cumplimiento de las acciones por cada sistema propio de las unidades. Pues, mediante la programación de dicha propuesta, se mejoró la disponibilidad en todas las máquinas. Concluyendo así, que el Plan de Mantenimiento Preventivo sirvió como implemento efectivo, permitiendo que las 6 grúas articuladas se encuentren activas y, por ende, sean empleadas al momento de su necesidad.
3. En relación a la Comparación de los resultados de la disponibilidad antes y después de la implementación; aplicando el Cuestionario de Auditoría, se evaluó el estado final de la gestión de mantenimiento en las máquinas, lo que evidenció un cumplimiento del 74.68%, ello indicando un buen Sistema de mantenimiento; seguidamente, en base al listado de fallas y los valores del TMEF y TMPR, se consiguió una Disponibilidad final promedio del 98.69% referido a las 6 grúas articuladas; esto reflejando un índice muy bueno. Concluyendo así, que el Plan de Mantenimiento Preventivo mejoró, en promedio, la Disponibilidad de las máquinas en un 8.32%.

VII. RECOMENDACIONES

Referente a los hallazgos de esta investigación, se planteó las siguientes recomendaciones:

- Realizar una supervisión adecuada a las tareas del mantenimiento, considerando tanto una lista organizada como un equipo de personal encargado de efectuar las acciones establecidas, a fin de contribuir en dicho proceso de control; así mismo, llevar a cabo un inventario estandarizado de todas las máquinas en un software de almacenamiento de información como es el programa Microsoft Excel, teniendo como base un sistema de mantenimiento apropiado, para un rápido y mejor logro de resultados y; de igual manera, contar con KPIs que evalúen el desempeño en cuanto al cumplimiento de las máquinas, los tiempos de respuesta y el monitoreo de los gastos en repuestos, esto con el propósito de adoptar medidas convenientes en caso sea necesario.
- Ejecutar todas las tareas o actividades definidas en el Plan de Mantenimiento Preventivo, de tal forma, se puedan identificar las dificultades o problemas de menor magnitud previo a que se produzcan las fallas en los diferentes sistemas (hidráulico, izaje y control) que poseen las grúas articuladas; garantizando así, la mejora en el proceso del mantenimiento.
- Llevar a cabo un entrenamiento pertinente a los operarios, el cual esté orientado en la obtención de la información general correspondiente al mantenimiento preventivo de las grúas articuladas, un control idóneo referido a tales máquinas, y una planificación adecuada de las tareas preventivas que aseguren la corrección de las distintas fallas a originarse en el momento que se realice el servicio respectivo; ello asegurando la optimización de la gestión interna en la compañía.

REFERENCIAS

A new preventive maintenance strategy optimization model considering lifecycle safety by Yan Shi [et al]. *Journal of Reliability Engineering & System Safety* [online]. Vol. 221, may 2022, pp. 108-325. [Date of consultation: May 05, 2023]. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832022000072>

ISSN: 0951-8320

ALDANA, César. Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A. Tesis (Grado de Maestro en Gerencia del Mantenimiento). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2019. Disponible en <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4374/aldana%20gall%20fime%20maestria%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

An active preventive maintenance approach of complex equipment based on a novel product-service system operation mode by Ning Wang [et al]. *Journal of Cleaner Production* [online]. Vol. 277, december 2020, pp. 123-365. [Date of consultation: May 04, 2023]. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620334107>

ISSN: 0959-6526

AQUINO, Wilder y ATALAYA, Steve. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la empresa GLOBALTRUCK E.I.R.L. 2018-2019. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2020. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26312/Aquino%20Manya%20Wilder%20Atalaya%20Castrejon%20Steve.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ASCÓN, Mary y ROSSELL, Andrés. Plan de mantenimiento preventivo para incrementar el rendimiento total de la maquinaria pesada en la empresa JAR AGREGADOS Y SERVICIOS E.I.R.L., Cajamarca 2021. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2021. Disponible en [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/8754/1/REP_MARY.ASC%
c3%93N_ANDR%c3%89S.ROSSELL_PLAN.DE.MANTENIMIENTO.PREVENTIV
O.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/8754/1/REP_MARY.ASC%c3%93N_ANDR%c3%89S.ROSSELL_PLAN.DE.MANTENIMIENTO.PREVENTIVO.pdf)

Assessment of the influence of preventive maintenance on the reliability and availability indexes of diesel locomotives by Maciej Szkoda [et al]. *Journal of Transport Problems* [online]. Vol. 16, No. 1, January 2021, pp. 5-18. [Date of consultation: May 06, 2023]. Available at <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=149345349&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 1896-0596

CÁCERES, Christian. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las grúas hidráulicas articuladas de la empresa CORPORACIÓN ELMARVI S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2022. Disponible en [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7109/TESIS%20-
%20CACERES%20SANCHEZ%20CHRISTIAN%20KEVIN.pdf?sequence=1&isAll
owed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7109/TESIS%20-%20CACERES%20SANCHEZ%20CHRISTIAN%20KEVIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CASTRO, John; GÓMEZ, Leidy y CAMARGO, Esperanza. La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Revista Tecnura* [en línea]. Vol. 27, n.º 75, enero-marzo 2023, pp. 140-174. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2023]. Disponible en <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=161350549&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 0123-921X

CHÁVEZ, Brian y ROBLES, Jeancarlo. Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos hidráulicos en la flota de una empresa pesquera, Lima 2021. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2021. Disponible en http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6376/TESIS_PREG_RADO_CHAVEZ_ROBLES_FIME_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CORO, Percy y COTRINA, Segundo. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en la empresa W&J MINERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2021. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29859/Coro%20Cerqu%c3%adn%20Percy%20Elvis%20-%20Cotrina%20Cieza%20Segundo%20Roger.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CUI, Han. Optimization of Preventive Maintenance Cycle of Ship Mechanical and Electrical Equipment Based on MRO System. *Journal of Coastal Research* [online]. Vol. 93, No. 1, may 2019, pp. 953-959. [Date of consultation: May 05, 2023]. Available at <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=egs&AN=158422462&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 0749-0208

DIMAS, Diego; NIEVES, Nayive and TOLEDO, Carlos. Economic impact of automation in maintenance processes for the manufacturing industry in Colombia: a bibliographical review. *Journal of Solidarity Engineering* [online]. Vol. 18, No. 2, may-august 2022, pp. 1-36. [Date of consultation: April 28, 2023]. Available at <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=159280304&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 1900-3102

EBRAHIMI, Masoud; GHOMI, Seyyed and KARIMI, Behrooz. Application of the preventive maintenance scheduling to increase the equipment reliability: Case study- bag filters in cement factory. *Journal of Industrial & Management Optimization* [online]. Vol. 16, No. 1, January 2020, pp. 189-205. [Date of consultation: May 04, 2023]. Available at <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=141825509&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 1547-5816

Functional risk-oriented integrated preventive maintenance considering product quality loss for multistate manufacturing systems by Yixiao Zhao [et al]. *International Journal of Production Research* [online]. Vol. 59, No. 4, February 2021, pp. 1003-1020. [Date of consultation: May 06, 2023]. Available at <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=egs&AN=148859079&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 0020-7543

GARCÍA, Santiago. Auditorías de mantenimiento [en línea]. 1.^a ed. España: Editorial RENOVETEC, 2009 [fecha de consulta: 21 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.renovetec.com/auditoriasdemantenimiento.pdf>

Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013 por Carol Alavedra Flores [et al]. *Revista Ingeniería Industrial* [en línea]. n.º 34, enero-diciembre 2016, pp. 11-26. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2023]. Disponible en https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/529/1354

ISSN: 1025-9929

GUTIÉRREZ, Edgar. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en una Municipalidad. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2021. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27099/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HASHEMI, Marzieh and ASADI, Majid. Optimal preventive maintenance of coherent systems: A generalized Pólya process approach. *Journal of IISE Transactions* [online]. Vol. 53, No. 11, november 2021, pp. 1266-1280. [Date of consultation: May 05, 2023]. Available at <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=152025368&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 2472-5854

HERNÁNDEZ, Sandra y DUANA, Danae. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Revista Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* [en línea]. Vol. 9, n.º 17, diciembre 2020, pp. 51-53. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019/7678>

ISSN: 2007-4913

HUANG, Jing; CHANG, Qing and ARINEZ, Jorge. Deep reinforcement learning based preventive maintenance policy for serial production lines. *Journal of Expert Systems with Applications* [online]. Vol. 160, december 2020, pp. 113-701. [Date of consultation: May 05, 2023]. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741742030525X>

ISSN: 0957-4174

LI, Li; WANG, Yong and LIN, Kuo-Yi. Preventive maintenance scheduling optimization based on opportunistic production-maintenance synchronization. *Journal of Intelligent Manufacturing* [online]. Vol. 32, No. 2, february 2021, pp. 545-558. [Date of consultation: May 05, 2023]. Available at <https://www.proquest.com/docview/2487153625/DEE2F17DFB464450PQ/1?accountid=37408>

ISSN: 0956-5515

LIU, Peng and WANG, Guanjun. Optimal periodic preventive maintenance policies for systems subject to shocks. *Journal of Applied Mathematical Modelling* [online]. Vol. 93, may 2021, pp. 101-114. [Date of consultation: May 06, 2023]. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X20307113>

ISSN: 0307-904X

LLAUCE, Ronald. Programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la motoniveladora CAT 120K en la Municipalidad Distrital de Masma. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017. Disponible en <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1649/TESIS%20LLAUCE%202017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE por Jesús González Sosa [et al]. *Revista Ingeniería Industrial* [en línea]. Vol. 17, n.º 3, septiembre 2018, pp. 209-225. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2023]. Disponible en <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=140352896&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 0717-9103

MEMARI, Maryam; ZAREZADEH, Somayeh and ASADI, Majid. Optimal preventive maintenance for reparable networks. *Journal of Applied Stochastic Models in Business & Industry* [online]. Vol. 37, No. 6, november 2021, pp. 1017-1041. [Date of consultation: May 05, 2023]. Available at <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=154103816&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 1524-1904

MENESES, Maureen y RUIZ, Francisco. Estudio longitudinal de los comportamientos y el nivel de actividad físico-deportiva en el tiempo libre en estudiantes de Costa Rica, México y España. *Revista de Educación Física, Deporte y Recreación* [en línea]. n.º 31, 2017, pp. 219-226. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.proquest.com/docview/2699970732/fulltextPDF/DCD17B85BB45498BPQ/1?accountid=37408>

ISSN: 1988-2041

Modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos por Mariela Chang [et al]. *Revista Conciencia Digital* [en línea]. Vol. 3, n.º 1.2, marzo 2020, pp. 104-122. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1189/2880>

ISSN: 2600-5859

NOLASCO, Edith y GOMIS, Oriol. Acceso a la electricidad y desarrollo rural. *Revista CienciAmérica* [en línea]. Vol. 10, n.º 3, julio-diciembre 2021. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2023]. Disponible en <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/371/759>

ISSN: 1390-9592

Optimization of preventive maintenance of nuclear safety-class DCS based on reliability modeling by Hao Peng [et al]. *Journal of Nuclear Engineering and Technology* [online]. Vol. 54, No. 10, october 2022, pp. 3595-3603. [Date of consultation: May 04, 2023]. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1738573322002601>

ISSN: 1738-5733

OSINERGMIN. La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país [en línea]. 1.ª ed. Perú: Gráfica Biblos, 2016 [fecha de consulta: 27 de abril de 2023]. Disponible en: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf)

ISBN: 978-612-47350-0-4

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Revista Internacional de Morfología* [en línea]. Vol. 35, n.º 1, marzo 2017, pp. 227-232. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=122891094&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 0717-9367

PÉREZ, Félix. Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial [en línea]. 1.ª ed. Colombia: Ediciones USTA, 2021 [fecha de consulta: 05 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

ISBN: 978-958-8477-92-3

POSSO, Richar y BERTHEAU, Edda. Validez y confiabilidad del instrumento determinante humano en la implementación del currículo de educación física. *Revista Educare* [en línea]. Vol. 24, n.º 3, septiembre-diciembre 2020, pp. 205-223. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en <https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/educare/article/view/1410/1345>

ISSN: 2244-7296

Preventive maintenance (PM) planning: a review by Basri Ernie Ilyani [et al]. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* [online]. Vol. 23, No. 2, 2017, pp. 114-143. [Date of consultation: May 04, 2023]. Available at <https://www.proquest.com/docview/1895032676/fulltextPDF/A61212939CE84CEAPQ/1?accountid=37408>

ISSN: 1355-2511

RAMOS, Carlos. Diseños de investigación experimental. *Revista CienciAmérica* [en línea]. Vol. 10, n.º 1, enero-junio 2021, pp. 1-7. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2023]. Disponible en <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356/698>

ISSN: 1390-9592

RAMOS, Carlos. Los alcances de una investigación. *Revista CienciAmérica* [en línea]. Vol. 9, n.º 3, julio-diciembre 2020, pp. 1-5. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2023]. Disponible en <http://201.159.222.118/openjournal/index.php/uti/article/view/336/621>

ISSN: 1390-9592

RAYME, Maricielo y DÍAZ, Jorge. Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica Qantu Yachay* [en línea]. Vol. 1, n.º 1, julio-diciembre 2021. [Fecha de consulta: 04 de mayo de 2023]. Disponible en <https://revistas.une.edu.pe/index.php/QantuYachay/article/view/8/8>

ISSN: 2810-8248

REYNOSO, Junior. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco – 2019. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Huancayo: Universidad Continental, 2021. Disponible en https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9748/4/IV_FIN_111_TE_Reynoso_Calzada_2021.pdf

RIBA, Genís y RIBA, Carles. Transición energética y la sostenibilidad de las grandes ciudades. *Revista CienciAmérica* [en línea]. Vol. 11, n.º 2, julio-diciembre 2022. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2023]. Disponible en <https://www.cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/392/848>

ISSN: 1390-9592

ROJAS, Jaime. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una unidad minera en La Libertad, 2019. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2019. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23695/Rojas%20Gonzales%20Jaime%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ROMERO, Iván. Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos Bolter 88D en empresa IESA S.A. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022. Disponible en https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8530/TESIS-%2044673054-%20IVAN%20LUIS%20ROMERO%20CHAVEZ_removed_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SALONEN, Antti and GOPALAKRISHNAN, Maheshwaran. Practices of preventive maintenance planning in discrete manufacturing industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* [online]. Vol. 27, No. 2, april 2021, pp. 331-350. [Date of consultation: April 28, 2023]. Available at <https://www.proquest.com/docview/2526092914/fulltextPDF/8C31B991A7904CC6PQ/1?accountid=37408>

ISSN: 1355-2511

SÁNCHEZ, Fabio. Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria* [en línea]. Vol. 13, n.º 1, enero-julio 2019, pp. 102-122. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2023]. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-25162019000100008&lng=en&tlng=en

ISSN: 2223-2516

Towards a preventive maintenance approach for multi-agent applications by Nawel Ghrieb [et al]. *Journal of Multiagent & Grid Systems* [online]. Vol. 16, No. 1, january 2020, pp. 83-99. [Date of consultation: April 28, 2023]. Available at <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=142720662&lang=es&site=ehost-live>

ISSN: 1574-1702

VÁZQUEZ, Kerman; RODRÍGUEZ, Raúl and ESTEBAN, María. Proposal for a programme of periodic inspections for preventive maintenance of offshore monopiles. *Journal of Ocean Engineering* [online]. Vol. 277, march 2023, pp. 114-262. [Date of consultation: May 06, 2023]. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801823006467>

ISSN: 0029-8018

VENTURA, José. ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública* [en línea]. Vol. 43, n.º 4, octubre-diciembre 2017, pp. 648-649. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21453378014>

ISSN: 0864-3466

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
V1: Mantenimiento Preventivo	El mantenimiento preventivo se definió como una cadena de tareas o acciones planeadas que se ejecutan dentro de ciclos específicos, a fin de prever o anticiparse a las fallas de las maquinarias. (Pérez, 2021, p. 39)	El mantenimiento preventivo; inicialmente, ha sido evaluado en base a las fallas registradas por cada una de las 6 máquinas (grúas articuladas) estudiadas; seguidamente, se ejecutó el plan de mantenimiento preventivo para la programación de las actividades a efectuarse junto a su porcentaje de cumplimiento y; finalmente, se comprobó el efecto de su implementación.	D1: Diagnóstico	Auditoría	Ordinal
				Registro de fallas	Nominal
				Disponibilidad inicial	Razón
			D2: Proyecto	Plan de mantenimiento preventivo	Nominal
				Cumplimiento de mantenimiento = $\frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Actividades programadas}} \times 100$	Razón
D3: Efecto	Efecto = Cambio porcentual de la disponibilidad	Razón			
V2: Disponibilidad	La disponibilidad ha sido definida como la facultad que tiene una maquinaria o equipo para ser empleado al momento de su necesidad; ello siendo el propósito vital del mantenimiento, pues siempre que la disponibilidad es cuantificable, se puede calcular la utilidad del mantenimiento efectuado. (Rayme y Díaz, 2021)	La disponibilidad se evidenció mediante el alto porcentaje de probabilidad de que las 6 máquinas (grúas articuladas) estén aptas para operar adecuadamente en el momento que sean requeridas. Para ello, se realizó la evaluación de los resultados de disponibilidad tanto inicial como final, de tal manera, se pudiera cuantificar la influencia de la disponibilidad de tales equipos.	D1: Tiempo medio entre fallas (TMEF)	$\text{TMEF} = \frac{\text{Horas totales de operación}}{\text{Número total de fallas}}$	Razón
			D2: Tiempo medio para reparación (TMPR)	$\text{TMPR} = \frac{\text{Horas de paradas no programadas}}{\text{Número total de fallas}}$	
			D3: Disponibilidad	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales de operación} - \text{Horas de paradas no programadas}}{\text{Horas totales de operación}} \times 100$	

Anexo 2. Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento

CUESTIONARIO DE AUDITORÍA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Nº	CRITERIO	DES.F.			FAV.
		0	1	2	3
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	Tiempo de respuesta muy lento	Desfavorable	Acceptable, pero, con inconvenientes	Inmediato
2	¿Hay personal que pueda considerarse "imprescindible" cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento?	Sí, varias personas	Sí, al menos una persona imprescindible	En algunos casos, sí	No
3	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?	No hay personal para mantenimiento programado	Si el correctivo aumenta, no	Sí, pero si aumenta mucho, no	El mantenimiento programado es independiente
4	¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?	Sí, siempre	En general, sí	En general, no	Nunca
5	¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?	No	Sí, pero no se cumple	Sí, en casi todos los puestos	Sí, en todos los puestos
6	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	No	No siempre	Casi siempre	Sí
7	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?	No	Sí, pero la forma no es la adecuada	Mejorable, pero aceptable	Sí

8	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la planta mejoren?	No	Graves defectos	Mejorable, pero aceptable	Si
9	¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la planta (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc) mejoren?	No	Muy poca incidencia	Mejorable, pero aceptable	Si
10	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
11	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
12	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
13	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
14	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
15	¿Se respeta el horario de entrada y salida?	Generalmente no	A menudo, no	En general sí, con alguna excepción	Siempre
16	¿Se respeta la duración de los descansos?	Generalmente no	A menudo, no	En general sí, con alguna excepción	Siempre

17	¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?	No	Preocupante	Mejorable, pero aceptable	Si
18	¿Los tiempos de intervención se ajustan a la duración teórica estimable en que podrían realizarse los trabajos?	En absoluto	Mucho mayores	Mejorable, pero aceptable	Si
19	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?	En absoluto	En general, no	Si, con alguna excepción	Si
20	¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo?	En absoluto	No siempre	Casi siempre	Si
21	¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa?	No	Poca proyección	Lo ven posible	Si
22	¿El personal de mantenimiento se siente satisfecho con su horario?	Muy insatisfecho	Reclaman mejoras	Pequeños ajustes	Si, muy satisfecho
23	¿El personal de mantenimiento se considera bien retribuido?	En absoluto	Algunas diferencias	Reclaman pequeñas mejoras	Si
24	¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?	No	Poco	Suficiente	Muy comprometidos
25	¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos?	En general, no	Se detectan quejas	Pequeñas diferencias	Excelente concepto
26	¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del departamento de mantenimiento es agradable?	Malo	Regular	Normal	Bueno
27	¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo?	Muy alto	Más alto de lo normal	Normal	Muy bajo
28	¿El nivel de rotación entre el personal de mantenimiento es bajo?	Muy alto	Más alto de lo normal	Normal	Muy bajo

29	¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
30	¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
31	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
32	¿Las herramientas para el mantenimiento predictivo se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
33	¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
34	¿Los equipos de medida están calibrados?	En general, no	No todos	Problemas menores	Si, todos
35	¿Existe un inventario de herramientas?	No	Si, pero no se ajusta a la realidad	Si, aunque no es exacto	Si
36	¿Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas?	No	Solo en alguna ocasión	Mejorable	Si, periódicamente
37	¿El taller está situado en el lugar apropiado?	En el peor lugar posible	No, pero no tiene solución	Mejorable	Lugar óptimo
38	¿Está limpio y ordenado su interior?	No, muy desordenado	Mal aspecto	Mejorable, pero aceptable	Excelente
39	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?	No, muy desordenado	Mal aspecto	Mejorable, pero aceptable	Excelente
40	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
41	¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si

42	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc)?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
43	¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?	No existe plan de mantenimiento	Existe, pero no es eficaz	Mejorable, pero aceptable	Si
44	¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?	No se programa nada	Programa inadecuado	Mejorable, pero aceptable	Si
45	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
46	¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	No	En general, no	En general, si	Si
47	¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?	No	Muy pocos	Los más importantes	Si
48	¿El Plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
49	¿El plan de mantenimiento se realiza?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
50	¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?	No, todo es correctivo	Gran parte, correctivo	Mejorable, pero aceptable	Si
51	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
52	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
53	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo

54	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	No	Si, pero tiene graves defectos	Si, pero es mejorable	Si
55	¿Este sistema se utiliza correctamente?	No	En general, no	En general, si	Si
56	¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
57	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
58	¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada?	No	En general, no	En general, si	Si, en todos los casos
59	¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?	No	Análisis incompleto	Mejorable, pero aceptable	Si
60	¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?	No	En general, no	En general, si	Siempre
61	¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?	No	Faltan procedimientos importantes	Casi todos	Si
62	¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?	No	Importantes deficiencias	Pequeñas deficiencias	Si
63	¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?	No	Importantes deficiencias	Pequeñas deficiencias	Si
64	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?	No, nunca	En general, no	En general, si	Siempre, de forma sistemática
65	¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Si, pero es incorrecto	Si, pero es mejorable	Si
66	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?	No	En general, no	En general, si	Si

67	¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?	No, nunca	En general, no	En general, sí	Si
68	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?	Nunca	En general, no	En general, sí	Siempre
69	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?	No	Deficiencias graves	Mejorable, pero aceptable	Si
70	¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?	No	En general, no	En general, sí	Si
71	¿Las órdenes de trabajo se introducen en el sistema informático?	No	En general, no	En general, sí	Si
72	¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?	No	Carencias importantes	Mejorable	Si
73	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?	No	En general, no	En general, sí	Si
74	¿El sistema informático aporta información útil?	No	En general, no	En general, sí	Si
75	¿El sistema informático aporta información fiable?	No	En general, no	En general, sí	Si
76	¿Los mandos de mantenimiento consultan la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, sí	Si
77	¿El personal de mantenimiento consulta la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, sí	Si
78	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	No	Sí, pero no contiene información útil	Mejorable, pero aceptable	Si
79	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
80	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	No	Sí, pero no es válida	Mejorable, pero aceptable	Si

81	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
82	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	No	En general, no	Si, pero no de forma sistemática	Si
83	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
84	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
85	¿Los movimientos del almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
86	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
87	¿El almacén está limpio y ordenado?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
88	¿El almacén está situado en el lugar adecuado?	No	No, aunque no hay otro sitio	Mejorable, pero aceptable	Si
89	¿Es fácil localizar cualquier pieza?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
90	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
91	¿Se realizan comprobaciones del material cuando se recibe?	No, nunca	Sólo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre
92	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
93	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
94	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentado la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si

95	¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
96	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
97	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	Es alto	Si	Excelente
98	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?	No	Es bajo	Si	Excelente
99	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
100	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
101	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
102	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
103	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
104	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si

RESUMEN DE RESULTADOS DE MANTENIMIENTO	
Puntos analizados con graves deficiencias	8
Puntos analizados con deficiencias importantes	34
Puntos analizados susceptibles de mejora	52
Puntos analizados con resultado excelente	10

CUESTIONARIO DE AUDITORÍA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Nº	CRITERIO	DESF.			FAV.
		0	1	2	3
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	Tiempo de respuesta muy lento	Desfavorable	Aceptable, pero con inconvenientes	Inmediato
2	¿Hay personal que pueda considerarse "imprescindible" cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento?	Sí, varias personas	Sí, al menos una persona imprescindible	En algunos casos, sí	No
3	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?	No hay personal para mantenimiento programado	Si el correctivo aumenta, no	Sí, pero si aumenta mucho, no	El mantenimiento programado es independiente
4	¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?	Sí, siempre	En general, sí	En general, no	Nunca
5	¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?	No	Sí, pero no se cumple	Sí, en casi todos los puestos	Sí, en todos los puestos
6	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	No	No siempre	Casi siempre	Sí
7	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?	No	Sí, pero la forma no es la adecuada	Mejorable, pero aceptable	Sí

8	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la planta mejoren?	No	Graves defectos	Mejorable, pero aceptable	Si
9	¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la planta (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc) mejoren?	No	Muy poca incidencia	Mejorable, pero aceptable	Si
10	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
11	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
12	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
13	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
14	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
15	¿Se respeta el horario de entrada y salida?	Generalmente no	A menudo, no	En general sí, con alguna excepción	Siempre
16	¿Se respeta la duración de los descansos?	Generalmente no	A menudo, no	En general sí, con alguna excepción	Siempre

17	¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?	No	Preocupante	Mejorable, pero aceptable	Si
18	¿Los tiempos de intervención se ajustan a la duración teórica estimable en que podrían realizarse los trabajos?	En absoluto	Mucho mayores	Mejorable, pero aceptable	Si
19	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?	En absoluto	En general, no	Si, con alguna excepción	Si
20	¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo?	En absoluto	No siempre	Casi siempre	Si
21	¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa?	No	Poca proyección	Lo ven posible	Si
22	¿El personal de mantenimiento se siente satisfecho con su horario?	Muy insatisfecho	Reclaman mejoras	Pequeños ajustes	Si, muy satisfecho
23	¿El personal de mantenimiento se considera bien retribuido?	En absoluto	Algunas diferencias	Reclaman pequeñas mejoras	Si
24	¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?	No	Poco	Suficiente	Muy comprometidos
25	¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos?	En general, no	Se detectan quejas	Pequeñas diferencias	Excelente concepto
26	¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del departamento de mantenimiento es agradable?	Malo	Regular	Normal	Buena
27	¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo?	Muy alto	Más alto de lo normal	Normal	Muy bajo
28	¿El nivel de rotación entre el personal de mantenimiento es bajo?	Muy alto	Más alto de lo normal	Normal	Muy bajo

29	¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
30	¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
31	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
32	¿Las herramientas para el mantenimiento predictivo se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
33	¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
34	¿Los equipos de medida están calibrados?	En general, no	No todos	Problemas menores	Si, todos
35	¿Existe un inventario de herramientas?	No	Si, pero no se ajusta a la realidad	Si, aunque no es exacto	Si
36	¿Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas?	No	Solo en alguna ocasión	Mejorable	Si periódicamente
37	¿El taller está situado en el lugar apropiado?	En el peor lugar posible	No, pero no tiene solución	Mejorable	Lugar óptimo
38	¿Está limpio y ordenado su interior?	No, muy desordenado	Mal aspecto	Mejorable, pero aceptable	Excelente
39	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?	No, muy desordenado	Mal aspecto	Mejorable, pero aceptable	Excelente
40	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
41	¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si

42	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc)?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
43	¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?	No existe plan de mantenimiento	Existe, pero no es eficaz	Mejorable, pero aceptable	Si
44	¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?	No se programa nada	Programa inadecuado	Mejorable, pero aceptable	Si
45	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
46	¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	No	En general, no	En general, sí	Si
47	¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?	No	Muy pocos	Los más importantes	Si
48	¿El Plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
49	¿El plan de mantenimiento se realiza?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
50	¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?	No, todo es correctivo	Gran parte, correctivo	Mejorable, pero aceptable	Si
51	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
52	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
53	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo

54	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	No	Sí, pero tiene graves defectos	Sí, pero es mejorable	Si
55	¿Este sistema se utiliza correctamente?	No	En general, no	En general, sí	Si
56	¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
57	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
58	¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada?	No	En general, no	En general, sí	Si, en todos los casos
59	¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?	No	Análisis incompleto	Mejorable, pero aceptable	Si
60	¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?	No	En general, no	En general, sí	Siempre
61	¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?	No	Faltan procedimientos importantes	Casi todos	Si
62	¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?	No	Importantes deficiencias	Pequeñas deficiencias	Si
63	¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?	No	Importantes deficiencias	Pequeñas deficiencias	Si
64	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?	No, nunca	En general, no	En general, sí	Siempre de forma sistemática
65	¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Sí, pero es incorrecto	Sí, pero es mejorable	Si
66	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?	No	En general, no	En general, sí	Si

67	¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?	No, nunca	En general, no	En general, sí	Si
68	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?	Nunca	En general, no	En general, sí	Siempre
69	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?	No	Deficiencias graves	Mejorable, pero aceptable	Si
70	¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?	No	En general, no	En general, sí	Si
71	¿Las órdenes de trabajo se introducen en el sistema informático?	No	En general, no	En general, sí	Si
72	¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?	No	Carencias importantes	Mejorable	Si
73	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?	No	En general, no	En general, sí	Si
74	¿El sistema informático aporta información útil?	No	En general, no	En general, sí	Si
75	¿El sistema informático aporta información fiable?	No	En general, no	En general, sí	Si
76	¿Los mandos de mantenimiento consultan la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, sí	Si
77	¿El personal de mantenimiento consulta la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, sí	Si
78	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	No	Sí, pero no contiene información útil	Mejorable, pero aceptable	Si
79	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
80	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	No	Sí, pero no es válida	Mejorable, pero aceptable	Si

81	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
82	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	No	En general, no	Si, pero no de forma sistemática	Si
83	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
84	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
85	¿Los movimientos del almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
86	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
87	¿El almacén está limpio y ordenado?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
88	¿El almacén está situado en el lugar adecuado?	No	No, aunque no hay otro sitio	Mejorable, pero aceptable	Si
89	¿Es fácil localizar cualquier pieza?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
90	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
91	¿Se realizan comprobaciones del material cuando se recibe?	No, nunca	Sólo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre
92	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
93	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
94	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentado la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si

95	¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
96	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
97	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	Es alto	Si	Excelente
98	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?	No	Es bajo	Si	Excelente
99	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
100	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
101	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
102	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
103	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
104	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si

RESUMEN DE RESULTADOS DE MANTENIMIENTO

Puntos analizados con graves deficiencias	6
Puntos analizados con deficiencias importantes	11
Puntos analizados susceptibles de mejora	39
Puntos analizados con resultado excelente	48

Anexo 3. Ficha técnica de mantenimiento

SGM INGENIEROS E.I.R.L.
 SERVICIOS GENERALES DE INGENIERÍA & MANTENIMIENTO Y PROYECTOS ELECTRO-MECANICOS,
 AUTOMATIZACIÓN PERITAJE DE DAÑOS, ESTRUCTURAS METÁLICAS, PLATAFORMAS, SEMIREMOLQUES,
 FURGONES, CARROCEÍAS, BUSES
HOJA DE INSPECCIÓN TÉCNICA

SOLICITANTE	ARCE S.R.L.
RUC	20027678001
DIRECCIÓN	CALLE AMERICANA SUR EN 29 INT. 209 URB. LUMIN P.C. MEDIOCENTRO LIMA LIMA LUMIN
PLACA	MD-763
FECHA DE INSPECCIÓN	30/03/2023

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA





DATOS ESPECÍFICOS			
EQUIPO		FLUJO	
TIPO DE EQUIPO	CAMION ARTICULADO MONTAADA 100	INFORME N°	SGM-03-2023-02122
PLACA	MD-763	MARCA	TRACARRES
MARCA	FOTON	MODELO	TKA-3700
MORFO	81041V80X7F1	TORSION DE CARGA	218.7 ENM
N° DE SERIE	LVW73A888R0005313	ALCANCES HORIZONTAL	71.9 M
MOTOR HIDRAULICO	S	N° DE CUERPOS	04
CARRON	FOTON	COLORES DE BRAZO	AMARILLO

DESCRIPCION	ESTADO	PRUEBAS	PRUEBAS	
			A	B
Perros de Anclaje	A	Válvula de pistón giro	OK	OK
Palas	A	Válvula de pistón elevación	OK	OK
Uniones de mangueras	A	Válvula de pistón articulación	OK	OK
Fuerzas de cañerías de alta presión	A	Válvula de pistón extensión	OK	OK
Perros de fijación de cañerías	A	Válvula general de presión	OK	OK
Perros de fijación de base de columna	A	Válvula reguladora general	OK	OK
Cilindros Hidráulicos	A	Bomba hidráulica	OK	OK

REVISION DE:	ESTADO	ESTADO	ESTADO
Palas y/o grúas	N/A	Niveles de aceite	A
Cables a través de los volantes	A	Presión de carga general operacional	A
Graseras en general	A	Deformación de cilindros de giro	NO
Gancho de trapeo de carga	A	Deformación de volantes de cilindros de giro	NO
Gancho de trapeo Winche	A	Estado de cromado de pistones	OK
Seguro de gancho	A	Deformación de galletas de apoyo	NO
Sistema de indicación de carga y extensión	N/A	Deformación de extensiones de gatos de ar	NO
Indicador de ángulo de la grúa	N/A	Sincronismo de extensiones hidráulicas	N/A
Mandos e indicadores visuales	A	Otros stickers de seguridad	NO

REVISION DE LUBRICACIÓN	ESTADO	ESTADO	ESTADO
Articulación de gancho	A	Pin de articulación de columnas y brazo elev	A
Rotura de cilindro basculante	A	Botina cremallera del sistema de giro	A
Soltura de pies de brazo de elevación	A	Mensajes de cierre para indentaciones de los pies	A
Pin superior e inferior de brazo de elevación	A	Esc de puente de cuatro puntos de apoyo	A
Pie delantero y posterior de brazo basculante	A	Articulación de poleas de maniobras	A

EL EQUIPO RESPONDE A CONDICIONES NORMALES A LAS PRUEBAS DE ARRANQUE Y FUNCIONAMIENTO

Lima, **viernes, 30 de marzo de 2023**

Planta: Urb. Industrial Cayo Ma.D, Lt. 10-A e-mail: hmontes@sgmingenieros.com,
 ingenieros.eiri@gmail.com

SGM -2527





Hugo Montes
Ingeniero Mecánico

Anexo 4. Formato de registro de fallas

Registro de Fallas						
Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
			Enero			
			Febrero			
			Marzo			
			Abril			
			Mayo			
			Junio			
			Julio			
			Agosto			
			Septiembre			
			Octubre			
			Noviembre			
			Diciembre			
			Total			

Registro de Fallas

Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (AP-01)	Hidráulico	Válvulas distribuidoras	Enero	3	2	6
	Hidráulico	Válvulas de cierre	Febrero	6	1.5	9
	Control	Dispositivo de nivelación	Marzo	9	0.5	4.5
	Izaje	Biela D	Abril	7	0.5	3.5
	Hidráulico	Válvulas de flujo	Mayo	3	2	6
	Control	Limitador de capacidad nominal	Junio	6	1	6
	Izaje	Biela D	Julio	5	1	5
	Hidráulico	Válvulas de presión	Agosto	5	2	10
	Control	Parada de emergencia	Septiembre	7	0.5	3.5
	Control	Indicador de transporte	Octubre	4	0.5	2
	Hidráulico	Válvulas de frenado	Noviembre	6	1.5	9
	Izaje	Biela D	Diciembre	3	1.5	4.5
Total				64		69

Registro de Fallas

Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (AP-02)	Hidráulico	Válvulas de presión	Enero	6	2	12
	Control	Indicador de la capacidad nominal	Febrero	4	1	4
	Izaje	Biela B	Marzo	8	1.5	12
	Izaje	Biela B	Abril	7	1	7
	Hidráulico	Válvulas distribuidoras	Mayo	5	2	10
	Control	Mallas protectoras para latiguillos	Junio	6	0.5	3
	Hidráulico	Válvulas de cierre	Julio	5	1.5	7.5
	Izaje	Biela B	Agosto	7	0.5	3.5
	Control	Dispositivo de nivelación	Septiembre	5	0.5	2.5
	Hidráulico	Válvulas de flujo	Octubre	6	2	12
	Izaje	Biela B	Noviembre	6	0.5	3
	Control	Limitador de capacidad nominal	Diciembre	4	1	4
Total				69		80.5

Registro de Fallas

Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (BT-01)	Control	Parada de emergencia	Enero	9	0.5	4.5
	Izaje	Biela E	Febrero	6	1	6
	Hidráulico	Válvulas de frenado	Marzo	5	1.5	7.5
	Hidráulico	Válvulas de presión	Abril	7	2	14
	Izaje	Biela E	Mayo	8	1	8
	Control	Control de longitud de la pluma	Junio	8	0.5	4
	Izaje	Biela E	Julio	6	0.5	3
	Hidráulico	Válvulas de flujo	Agosto	7	2	14
	Control	Indicador de transporte	Septiembre	4	0.5	2
	Hidráulico	Válvulas secuenciadoras	Octubre	3	1	3
	Hidráulico	Válvulas distribuidoras	Noviembre	5	2	10
	Control	Dispositivo del "hombre muerto"	Diciembre	4	0.5	2
Total				72		78

Registro de Fallas

Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (BT-02)	Izaje	Biela E	Enero	6	0.5	3
	Control	Dispositivo de nivelación	Febrero	2	0.5	1
	Control	Indicador de transporte	Marzo	7	0.5	3.5
	Izaje	Biela E	Abril	5	1.5	7.5
	Hidráulico	Válvulas de flujo	Mayo	10	2	20
	Control	Parada de emergencia	Junio	6	0.5	3
	Izaje	Biela E	Julio	2	1	2
	Hidráulico	Válvulas de frenado	Agosto	9	1.5	13.5
	Izaje	Biela E	Septiembre	6	0.5	3
	Izaje	Biela E	Octubre	5	1.5	7.5
	Hidráulico	Válvulas secuenciadoras	Noviembre	12	1	12
	Control	Control de longitud de la pluma	Diciembre	5	0.5	2.5
Total				75		78.5

Registro de Fallas

Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (MT-01)	Control	Mallas protectoras para latiguillos	Enero	7	0.5	3.5
	Izaje	Biela B	Febrero	9	0.5	4.5
	Hidráulico	Válvulas de frenado	Marzo	4	1.5	6
	Control	Indicador de la capacidad nominal	Abril	5	1	5
	Control	Válvulas de sujeción de carga con pilotaje	Mayo	3	0.5	1.5
	Izaje	Biela B	Junio	7	0.5	3.5
	Hidráulico	Válvulas de cierre	Julio	1	1.5	1.5
	Izaje	Biela B	Agosto	10	1.5	15
	Control	Limitador de capacidad nominal	Septiembre	4	1	4
	Hidráulico	Válvulas distribuidoras	Octubre	5	2	10
	Hidráulico	Válvulas de presión	Noviembre	4	2	8
	Control	Dispositivo de nivelación	Diciembre	2	0.5	1
Total				61		63.5

Registro de Fallas

Máquina	Sistema	Componente	Meses	Nº de Fallas	Duración de Falla (Horas)	Horas de Paradas No Programadas
Grúa Articulada (MT-02)	Hidráulico	Válvulas de presión	Enero	5	2	10
	Izaje	Biela D	Febrero	6	1	6
	Control	Control de longitud de la pluma	Marzo	5	0.5	2.5
	Control	Dispositivo del "hombre muerto"	Abril	9	0.5	4.5
	Izaje	Biela D	Mayo	4	0.5	2
	Hidráulico	Válvulas secuenciadoras	Junio	1	1	1
	Izaje	Biela D	Julio	3	1	3
	Control	Válvulas de sujeción de carga con pilotaje	Agosto	8	0.5	4
	Hidráulico	Válvulas de flujo	Septiembre	6	2	12
	Control	Indicador de la capacidad nominal	Octubre	7	1	7
	Izaje	Biela D	Noviembre	8	1.5	12
Hidráulico	Válvulas de frenado	Diciembre	5	1.5	7.5	
Total				67		71.5

Anexo 5. Formato de tiempo medio entre fallas

Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)					
Máquina	Sistema	Horas de Operación	Nº de Fallas	TMEF (Horas/falla)	TMEF Total (Horas/falla)

Anexo 6. Formato de tiempo medio para reparación

Tiempo Medio Para Reparación (TMPR)					
Máquina	Sistema	Horas de Paradas No Programadas	Nº de Fallas	TMPR (Horas/falla)	TMPR Total (Horas/falla)

Anexo 7. Formato de disponibilidad

Disponibilidad					
Máquina	Sistema	Horas de Operación	Horas de Paradas No Programadas	Disponibilidad (%)	Disponibilidad Total (%)

Anexo 9. Validez de instrumentos por juicio de expertos

Datos	Profesión	Mantenimiento preventivo
Percy Díaz Chinchayhuara	Ingeniero Mecánico	Aplicable
Ruber Alva Julca	Ingeniero Mecánico Eléctrico	Aplicable
Sakiko Llenque Molina	Ingeniera Mecánica Eléctrica	Aplicable

Evaluación por juicio de expertos

Nombre del juez:	Percy Díaz Chinchayhuara	
Grado profesional:	Maestría (X)	Doctor ()
Área de formación académica:	Clínica ()	Social ()
	Educativa ()	Organizacional (X)
Áreas de experiencia profesional:	Área de Mantenimiento	
Institución donde labora:	Universidad César Vallejo (UCV)	
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ()	
	Más de 5 años (X)	
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados. Título del estudio realizado.	

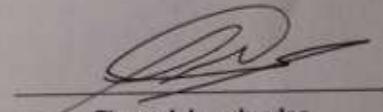
Dimensiones del instrumento: Mantenimiento Preventivo y Disponibilidad.

- **Primera dimensión:** Mantenimiento Preventivo.
- **Objetivos de la Dimensión:** Plan de actividades y control de cumplimiento de mantenimiento.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Número de fallas	Formato de registro de fallas	4	3	4	-
Tiempo medio entre fallas (%)	Formato de tiempo medio entre fallas	4	3	4	-
Tiempo medio para reparación (%)	Formato de tiempo medio para reparación	4	3	4	-
Disponibilidad (%)	Formato de disponibilidad	4	3	4	-
Actividades y Cumplimiento (%)	Plan de mantenimiento preventivo	4	3	4	-

- **Segunda dimensión:** Disponibilidad.
- **Objetivos de la Dimensión:** Mejora porcentual de la disponibilidad en las máquinas.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Tiempo medio entre fallas (%)	Formato de tiempo medio entre fallas	4	3	4	-
Tiempo medio para reparación (%)	Formato de tiempo medio para reparación	4	3	4	-
Disponibilidad (%)	Formato de disponibilidad	4	3	4	-


Firma del evaluador
 DNI: 18197171

Evaluación por juicio de expertos

Nombre del juez:	Ruber Gregorio Alva Julca
Grado profesional:	Maestría () Doctor (X)
Área de formación académica:	Clinica () Social () Educativa () Organizacional (X)
Áreas de experiencia profesional:	- Presidente del Directorio de SEDACHIMBOTE - Director de SEDACHIMBOTE - Director del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la USP - Gerente Técnico RUBELEC S.A. - Jefe de Estudios de Proyectos VIALCO-RUBER ALVA CONSULTOR
Institución donde labora:	USP / VIALCO
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años () Más de 5 años (X)
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados. Título del estudio realizado. "Campos electromagnéticos en la Línea de Transmisión"

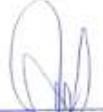
Dimensiones del Instrumento: Mantenimiento Preventivo y Disponibilidad.

- **Primera dimensión:** Mantenimiento Preventivo.
- **Objetivos de la Dimensión:** Plan de actividades y control de cumplimiento de mantenimiento.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Número de fallas	Formato de registro de fallas	4	4	3	-
Tiempo medio entre fallas (%)	Formato de tiempo medio entre fallas	4	4	3	-
Tiempo medio para reparación (%)	Formato de tiempo medio para reparación	4	4	3	-
Disponibilidad (%)	Formato de disponibilidad	4	4	3	-
Actividades y Cumplimiento (%)	Plan de mantenimiento preventivo	4	4	3	-

- **Segunda dimensión:** Disponibilidad.
- **Objetivos de la Dimensión:** Mejora porcentual de la disponibilidad en las máquinas.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Tiempo medio entre fallas (%)	Formato de tiempo medio entre fallas	4	4	3	-
Tiempo medio para reparación (%)	Formato de tiempo medio para reparación	4	4	3	-
Disponibilidad (%)	Formato de disponibilidad	4	4	3	-


Ruber Alva Julca
 ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
 C.I.P. 45131
 CONSULTOR C0732

Firma del evaluador

DNI: 32806344

Evaluación por juicio de expertos

Nombre del juez:	Sakiko Korey Llenque Molina
Grado profesional:	Maestría (X) Doctor ()
Área de formación académica:	Ciánica () Social () Educativa () Organizacional (X)
Áreas de experiencia profesional:	- Redes de Alimentación - Redes de Línea Primaria - Redes de Distribución - Mantenimiento de Redes - Expedientes Técnicos de Proyectos
Institución donde labora:	Korey Ingenieros S.A.C.
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años (X) Más de 5 años ()
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados. Título del estudio realizado.

Dimensiones del instrumento: Mantenimiento Preventivo y Disponibilidad.

- **Primera dimensión:** Mantenimiento Preventivo.
- **Objetivos de la Dimensión:** Plan de actividades y control de cumplimiento de mantenimiento.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Número de fallas	Formato de registro de fallas	4	4	4	-
Tiempo medio entre fallas (%)	Formato de tiempo medio entre fallas	4	4	4	-
Tiempo medio para reparación (%)	Formato de tiempo medio para reparación	4	4	4	-
Disponibilidad (%)	Formato de disponibilidad	4	4	4	-
Actividades y Cumplimiento (%)	Plan de mantenimiento preventivo	4	4	4	-

- **Segunda dimensión:** Disponibilidad.
- **Objetivos de la Dimensión:** Mejora porcentual de la disponibilidad en las máquinas.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Tiempo medio entre fallas (%)	Formato de tiempo medio entre fallas	4	4	4	-
Tiempo medio para reparación (%)	Formato de tiempo medio para reparación	4	4	4	-
Disponibilidad (%)	Formato de disponibilidad	4	4	4	-



Firma del evaluador

DNI: 73701618

Anexo 10. Confiabilidad de los instrumentos

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
0.975	0.975	5

Anexo 11. Carta de autorización de la empresa Copemane S.A.C.



Autorización de la organización para publicar su identidad en los resultados de las investigaciones

Datos Generales:

Nombre de la Organización: Corporación Peruana de Mantenimiento Eléctrico - COPEMANE S.A.C.	RUC: N° 20602778836
Nombre del Titular o Representante legal: Rivelino Orihuela Banda	DNI: # 29559214

Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 8º, literal "c" del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo (RCU Nro. 0470-2022/UCV)^(*) autorizo [X], no autorizo [] publicar LA IDENTIDAD DE LA ORGANIZACIÓN, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del Trabajo de Investigación: "Mejora de la disponibilidad en la grúa articulada mediante un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Copemane S.A.C., Chimbote – 2023"	
Nombre del Programa Académico: Ingeniería Industrial	
Autores: <ul style="list-style-type: none">Jaime Mauricio Nuñez VásquezSebastian Amador Pastor Mejía	DNI: # 71323315 # 72499518

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente a los autores(as) del estudio.

Lugar y Fecha: Chimbote, 18 de octubre del 2023


Firma: Ing. Rivelino Orihuela Banda
REPRESENTANTE TÉCNICO
(Titular o Representante legal de la Institución)

(*) Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 8º, literal "c" Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en las tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, ni en el cuerpo de la tesis ni en los anexos, pero sí será necesario describir sus características.

Anexo 12. Programación del plan de mantenimiento preventivo

HORA HOMBRE DE MANTENIMIENTO (HHM)

Personal	Remuneración	Tipo
Técnico Mecánico de Mantenimiento	S/1,890.00	Sueldo

→ 8 horas al día / 6 días a la semana (Cuenta con 18 actividades)

Descripción del Personal	Remuneración Mensual (S/.)	Factor de Involucramiento (F. I.)	Remuneración Efectiva (S/.)	Remuneración Horaria (S./Hr)
Técnico Mecánico de Mantenimiento	S/1,890.00	0.22	S/420.00	S/2.19
Hora Hombre de Mantenimiento - HHM (S./Hora de Mantenimiento)				S/2.19

SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA (Hr)	DURACIÓN (Hr)	NÚMERO DE PERSONAL
HIDRÁULICO	Válvulas distribuidoras	Limpiar totalmente y controlar los daños	360 Hr	2 Hr	2
	Válvulas de cierre	Inspeccionar el estado general	360 Hr	1 Hr	1
	Válvulas de flujo	Controlar el tiempo de llenado y vacío del actuador	360 Hr	0.5 Hr	1
	Válvulas de presión	Revisar la presión de entrada y salida	360 Hr	0.5 Hr	1
	Válvulas secuenciadoras	Verificar el nivel de aceite en el circuito	360 Hr	0.5 Hr	1
	Válvulas de frenado	Supervisar la velocidad de retorno del motor	360 Hr	0.5 Hr	1
IZAJE	Biela B	Controlar el peso bajo de la carga total	540 Hr	1 Hr	1
	Biela D	Verificar la conexión de palanca entre el brazo principal y el secundario, y el movimiento del brazo secundario a velocidad constante	540 Hr	1.5 Hr	2
	Biela E	Inspeccionar el aumento de la capacidad de elevación de la grúa en posición elevada del brazo	540 Hr	1.5 Hr	2
CONTROL	Dispositivo de nivelación	Comprobar la posición totalmente horizontal o nivelada de la grúa	720 Hr	0.5 Hr	1
	Limitador de capacidad nominal	Verificar que todas las funciones de la grúa queden inhabilitadas previo a la llegada de la zona de sobrecarga	720 Hr	1 Hr	1
	Indicador de la capacidad nominal	Asegurar que la carga total no exceda del 90% de la capacidad nominal	720 Hr	1 Hr	1
	Parada de emergencia	Garantizar el bloqueo instantáneo de todos los movimientos de la grúa	720 Hr	0.5 Hr	1
	Dispositivo del "hombre muerto"	Establecer el retorno automático del puesto de mando a su posición natural y la alerta en caso de ausencias inesperadas por parte de los operarios	720 Hr	0.5 Hr	1
	Control de longitud de la pluma	Determinar la longitud de la pluma en todo momento de la operación	720 Hr	1 Hr	1
	Válvulas de sujeción de carga con pilotaje	Evitar los movimientos incontrolados en caso de rotura de la conducción hidráulica	720 Hr	1.5 Hr	2
	Mallas protectoras para latiguillos	Resguardar las mangueras hidráulicas que contengan fluido a una presión superior a 5 Mpa, tengan una temperatura mayor de 50°C y estén situadas a menos de 1 m del operador	720 Hr	1 Hr	1
	Indicador de transporte	Verificar el momento en que la altura de la grúa sobrepasa el valor máximo predeterminado	720 Hr	0.5 Hr	1

CRONOGRAMAS DE PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LO REFERENTE A ACTIVIDADES, HORAS Y COSTOS

CRONOGRAMA DE PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Nº	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				TOTAL	CUMPLIMIENTO (%)
	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160		
1		X		X		X		X		X		X	6	83.33%
2		X		X		X		X		X		X	6	83.33%
3		X		X		X		X		X		X	6	100.00%
4		X		X		X		X		X		X	6	100.00%
5		X		X		X		X		X		X	6	83.33%
6		X		X		X		X		X		X	6	100.00%
7			X			X			X			X	4	100.00%
8			X			X			X			X	4	75.00%
9			X			X			X			X	4	75.00%
10				X				X				X	3	100.00%
11				X				X				X	3	100.00%
12				X				X				X	3	100.00%
13				X				X				X	3	100.00%
14				X				X				X	3	100.00%
15				X				X				X	3	100.00%
16				X				X				X	3	100.00%
17				X				X				X	3	100.00%
18				X				X				X	3	100.00%
	-	6	3	15	-	9	-	15	3	6	-	18	75	

CRONOGRAMA DE PROGRAMACIÓN DE HORAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Nº	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				TOTAL	CUMPLIMIENTO (%)
	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160		
1		2		2		2		2		2		2	12	100.00%
2		1		1		1		1		1		1	6	83.33%
3		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	3	66.67%
4		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	3	100.00%
5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	3	66.67%
6		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	3	100.00%
7			1			1			1			1	4	100.00%
8			1.5			1.5			1.5			1.5	6	83.33%
9			1.5			1.5			1.5			1.5	6	83.33%
10				0.5				0.5				0.5	1.5	100.00%
11				1				1				1	3	66.67%
12				1				1				1	3	100.00%
13				0.5				0.5				0.5	1.5	100.00%
14				0.5				0.5				0.5	1.5	66.67%
15				1				1				1	3	100.00%
16				1.5				1.5				1.5	4.5	88.89%
17				1				1				1	3	100.00%
18				0.5				0.5				0.5	1.5	66.67%
	-	5	4	12.5	-	9	-	12.5	4	5	-	16.5	68.5	

CRONOGRAMA DE PROGRAMACIÓN DE PRESUPUESTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Nº	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				TOTAL	CUMPLIMIENTO (%)
	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160		
1		S/75.25		S/75.25		S/75.25		S/75.25		S/75.25		S/75.25	S/ 451.50	95.24%
2		S/46.19		S/46.19		S/46.19		S/46.19		S/46.19		S/46.19	S/ 277.13	93.46%
3		S/351.09		S/351.09		S/351.09		S/351.09		S/351.09		S/351.09	S/ 2,106.56	89.91%
4		S/297.09		S/297.09		S/297.09		S/297.09		S/297.09		S/297.09	S/ 1,782.56	88.19%
5		S/86.09		S/86.09		S/86.09		S/86.09		S/86.09		S/86.09	S/ 516.56	84.21%
6		S/57.09		S/57.09		S/57.09		S/57.09		S/57.09		S/57.09	S/ 342.56	91.66%
7			S/82.19			S/82.19			S/82.19			S/82.19	S/ 328.75	90.95%
8			S/109.88			S/109.88			S/109.88			S/109.88	S/ 439.50	88.05%
9			S/149.19			S/149.19			S/149.19			S/149.19	S/ 596.75	93.51%
10				S/216.09				S/216.09				S/216.09	S/ 648.28	91.32%
11				S/162.19				S/162.19				S/162.19	S/ 486.56	85.09%
12				S/242.19				S/242.19				S/242.19	S/ 726.56	94.83%
13				S/31.09				S/31.09				S/31.09	S/ 93.28	93.27%
14				S/81.09				S/81.09				S/81.09	S/ 243.28	87.14%
15				S/422.19				S/422.19				S/422.19	S/ 1,266.56	84.01%
16				S/746.56				S/746.56				S/746.56	S/ 2,239.69	86.71%
17				S/282.19				S/282.19				S/282.19	S/ 846.56	90.13%
18				S/311.09				S/311.09				S/311.09	S/ 933.28	93.43%
	S/ -	S/ 912.81	S/ 341.25	S/ 3,407.50	S/ -	S/ 1,254.06	S/ -	S/ 3,407.50	S/ 341.25	S/ 912.81	S/ -	S/ 3,748.75	S/ 14,325.94	

COSTO DE MANO DE OBRA				
Nº	Número de Trabajadores	Duración (h)	HMM	Costo MO
1	2	2	S/ 2.19	S/ 8.75
2	1	1	S/ 2.19	S/ 2.19
3	1	0.5	S/ 2.19	S/ 1.09
4	1	0.5	S/ 2.19	S/ 1.09
5	1	0.5	S/ 2.19	S/ 1.09
6	1	0.5	S/ 2.19	S/ 1.09
7	1	1	S/ 2.19	S/ 2.19
8	2	1.5	S/ 2.19	S/ 6.56
9	2	1.5	S/ 2.19	S/ 6.56
10	1	0.5	S/ 2.19	S/ 1.09
11	1	1	S/ 2.19	S/ 2.19
12	1	1	S/ 2.19	S/ 2.19
13	1	0.5	S/ 2.19	S/ 1.09
14	1	0.5	S/ 2.19	S/ 1.09
15	1	1	S/ 2.19	S/ 2.19
16	2	1.5	S/ 2.19	S/ 6.56
17	1	1	S/ 2.19	S/ 2.19
18	1	0.5	S/ 2.19	S/ 1.09
TOTAL =				S/ 50.31

COSTO TOTAL					
Nº	Número de Trabajadores	Duración (h)	Costo MO	Costo MAT	Costo Total
1	2	2	S/8.75	S/66.50	S/75.25
2	1	1	S/2.19	S/44.00	S/46.19
3	1	0.5	S/1.09	S/350.00	S/351.09
4	1	0.5	S/1.09	S/296.00	S/297.09
5	1	0.5	S/1.09	S/85.00	S/86.09
6	1	0.5	S/1.09	S/56.00	S/57.09
7	1	1	S/2.19	S/80.00	S/82.19
8	2	1.5	S/6.56	S/103.31	S/109.88
9	2	1.5	S/6.56	S/142.63	S/149.19
10	1	0.5	S/1.09	S/215.00	S/216.09
11	1	1	S/2.19	S/160.00	S/162.19
12	1	1	S/2.19	S/240.00	S/242.19
13	1	0.5	S/1.09	S/30.00	S/31.09
14	1	0.5	S/1.09	S/80.00	S/81.09
15	1	1	S/2.19	S/420.00	S/422.19
16	2	1.5	S/6.56	S/740.00	S/746.56
17	1	1	S/2.19	S/280.00	S/282.19
18	1	0.5	S/1.09	S/310.00	S/311.09
TOTAL =					S/ 3,748.75

COSTO DE MATERIAL					
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo MAT
1	Trapo industrial	Kg.	1	S/6.50	S/6.50
	Juego de llaves mixtas	Set	0.5	S/80.00	S/40.00
	Alcohol isopropílico	Lt.	1	S/20.00	S/20.00
	TOTAL				S/66.50
2	Juego de llaves mixtas	Set	0.25	S/80.00	S/20.00
	Juego de dados	Set	0.5	S/48.00	S/24.00
	TOTAL				S/44.00
3	Medidor de flujo	Und.	1	S/350.00	S/350.00
TOTAL					S/350.00
4	Kit portátil de prueba de presión	Und.	1	S/296.00	S/296.00
TOTAL					S/296.00
5	Varilla de medición de aceite	Und.	1	S/85.00	S/85.00
TOTAL					S/85.00
6	Regulador de velocidad	Und.	1	S/56.00	S/56.00
TOTAL					S/56.00
7	Celda de carga de medidor de tensión	Und.	1	S/80.00	S/80.00
TOTAL					S/80.00
8	Trapo industrial	Kg.	0.125	S/6.50	S/0.81
	Juego de bielas	Set	0.25	S/154.00	S/38.50
	Llave para bielas	Und.	1	S/64.00	S/64.00
	TOTAL				S/103.31
9	Trapo industrial	Kg.	0.25	S/6.50	S/1.63
	Juego de bielas	Set	0.5	S/154.00	S/77.00
	Llave para bielas	Und.	1	S/64.00	S/64.00
	TOTAL				S/142.63
10	Asistente de nivelación con mando a distancia	Und.	1	S/215.00	S/215.00
TOTAL				S/215.00	
11	Alarma de sonido de limitador de momento de carga (Display)	Und.	1	S/160.00	S/160.00
TOTAL				S/160.00	
12	Alarma de luz de indicador de momento de carga (Display)	Und.	1	S/240.00	S/240.00
TOTAL				S/240.00	
13	Pulsador de emergencia	Und.	1	S/30.00	S/30.00
TOTAL				S/30.00	
14	Palanca de mando con interruptor de "hombre muerto"	Und.	1	S/80.00	S/80.00
TOTAL				S/80.00	
15	Cable transmisor de longitud	Und.	1	S/420.00	S/420.00
TOTAL				S/420.00	
16	Válvulas de retención de carga	Und.	2	S/370.00	S/740.00
TOTAL				S/740.00	
17	Mallas de seguridad	Und.	2	S/140.00	S/280.00
TOTAL				S/280.00	
18	Sensor de ángulo de longitud	Und.	1	S/310.00	S/310.00
TOTAL				S/310.00	
TOTAL =					S/ 3,698.44

Anexo 13. Programación del plan de mantenimiento autónomo

PLAN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
MÁQUINA: Grúa Articulada		ÁREA: Parking	
N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FRECUENCIA (Hr)
1	Limpiar las válvulas distribuidoras	Operario	360 Hr
2	Inspeccionar el estado general de las válvulas de cierre	Operario	360 Hr
3	Controlar el tiempo de llenado del actuador en las válvulas de flujo	Operario	360 Hr
4	Supervisar la velocidad de retorno del motor en las válvulas de frenado	Operario	360 Hr
5	Controlar el peso bajo de la carga por medio del izaje	Operario	540 Hr
6	Mantener la posición totalmente nivelada de la grúa	Operario	720 Hr
7	Bloquear todos los movimientos de la grúa mediante la parada de emergencia	Operario	720 Hr
8	Verificar que la altura de la grúa no sobrepase el valor máximo establecido	Operario	720 Hr

CRONOGRAMA DE PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

CRONOGRAMA DE PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Nº	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				TOTAL	CUMPLIMIENTO (%)
	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160		
1		X		X		X		X		X		X	6	100.00%
2		X		X		X		X		X		X	6	83.33%
3		X		X		X		X		X		X	6	100.00%
4		X		X		X		X		X		X	6	100.00%
5			X			X			X			X	4	75.00%
6				X				X				X	3	100.00%
7				X				X				X	3	66.67%
8				X				X				X	3	100.00%
	-	4	1	7	-	5	-	7	1	4	-	8	37	

Anexo 15. Formato de Reporte de Falla para el mantenimiento preventivo

		REPORTE DE FALLA DE MÁQUINA		Código: CPME-RF-001	
Máquina: <input type="text"/>		Marca: <input type="text"/>		Sistema: <input type="text"/>	
Cód. De Máquina: <input type="text"/>		Modelo: <input type="text"/>		Área: <input type="text"/>	
Fecha de Parada: ____ / ____ / ____			Hora de Parada: _____		
¿Máquina necesita reparo? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			¿Tiempo perdido de trabajo? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
DESCRIPCIÓN DE FALLA:					
CAUSA DE FALLA:					
OBSERVACIONES:					
INFORMADO POR: _____			ACEPTADO POR: _____		
Cargo: _____			Cargo: _____		
Fecha: ____ / ____ / ____			Fecha: ____ / ____ / ____		
Firma: _____			Firma: _____		

Anexo 16. Formato de Orden de Trabajo para el mantenimiento preventivo

 COPEMANE <small>Corporación Peruana de Mantenimiento Eléctrico</small>		ORDEN DE TRABAJO N° <input type="text"/>	
DATOS GENERALES			
Empresa:			
Área:		Fecha de trabajo:	
Máquina:		Hora de trabajo:	
ESPECIFICACIONES			
Tipo de mantenimiento:			
Código de mantenimiento:			
Nombre de máquina:			
Actividad:			
Duración (Hr):			
Responsable:			
Encargado:			
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO			
Nº	Descripción		
LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO			
MATERIALES CONSUMIBLES:			
Nº	Descripción	Cantidad	Unidad
HERRAMIENTAS/EQUIPOS:			
Nº	Descripción	Cantidad	Unidad
REPUESTOS:			
Nº	Descripción	Cantidad	Unidad
CONDICIONES DE SEGURIDAD			
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP):			
Nº	Descripción		
SITUACIONES DE RIESGO Y SEGURIDAD:			
Nº	Descripción		
INFORMES/OCURRENCIAS			
FIRMAS			
Operador:			Fecha:
Responsable:			Fecha:

**ORDEN DE TRABAJO N° 01 - 2023****DATOS GENERALES**

Empresa:	Corporación Peruana de Mantenimiento Eléctrico - Copemane S.A.C.		
Área:	Parking	Fecha de trabajo:	7/07/2023
Máquina:	Grúa Articulada (AP-02)	Hora de trabajo:	10:20 a. m.

ESPECIFICACIONES

Tipo de mantenimiento:	Mantenimiento Preventivo
Código de mantenimiento:	MP360
Nombre de máquina:	Grúa Articulada (AP-02)
Actividad:	Inspección de válvulas distribuidoras y secuenciadoras
Duración (Hr):	2.5 Horas
Responsable:	Ing. Daniel Morales Castillo
Encargado:	Tec. Jeanpool

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Nº	Descripción
1	Limpieza total de las válvulas distribuidoras
2	Control de daños de las válvulas distribuidoras
3	Verificación del nivel de aceite en el circuito de las válvulas secuenciadoras

LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO**MATERIALES CONSUMIBLES:**

Nº	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Trapo industrial	1	Kg
2	Alcohol isopropílico	1	Lt

HERRAMIENTAS/EQUIPOS:

Nº	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Juego de llaves mixtas	1/2	Set
2	Varilla de medición de aceite	1	Und

REPUESTOS:

Nº	Descripción	Cantidad	Unidad

CONDICIONES DE SEGURIDAD**EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP):**

Nº	Descripción
1	Lentes de seguridad
2	Guantes de goma
3	Botas antideslizantes
4	Careta y mascarilla de protección

SITUACIONES DE RIESGO Y SEGURIDAD:

Nº	Descripción
1	Golpes o cortes con herramientas
2	Caídas de herramientas al mismo nivel
3	Inhalación de producto químico
4	Choques contra partes fijas de máquina

INFORMES/OCURRENCIAS

Se requiere inspeccionar el estado general de las válvulas distribuidoras y secuenciadoras

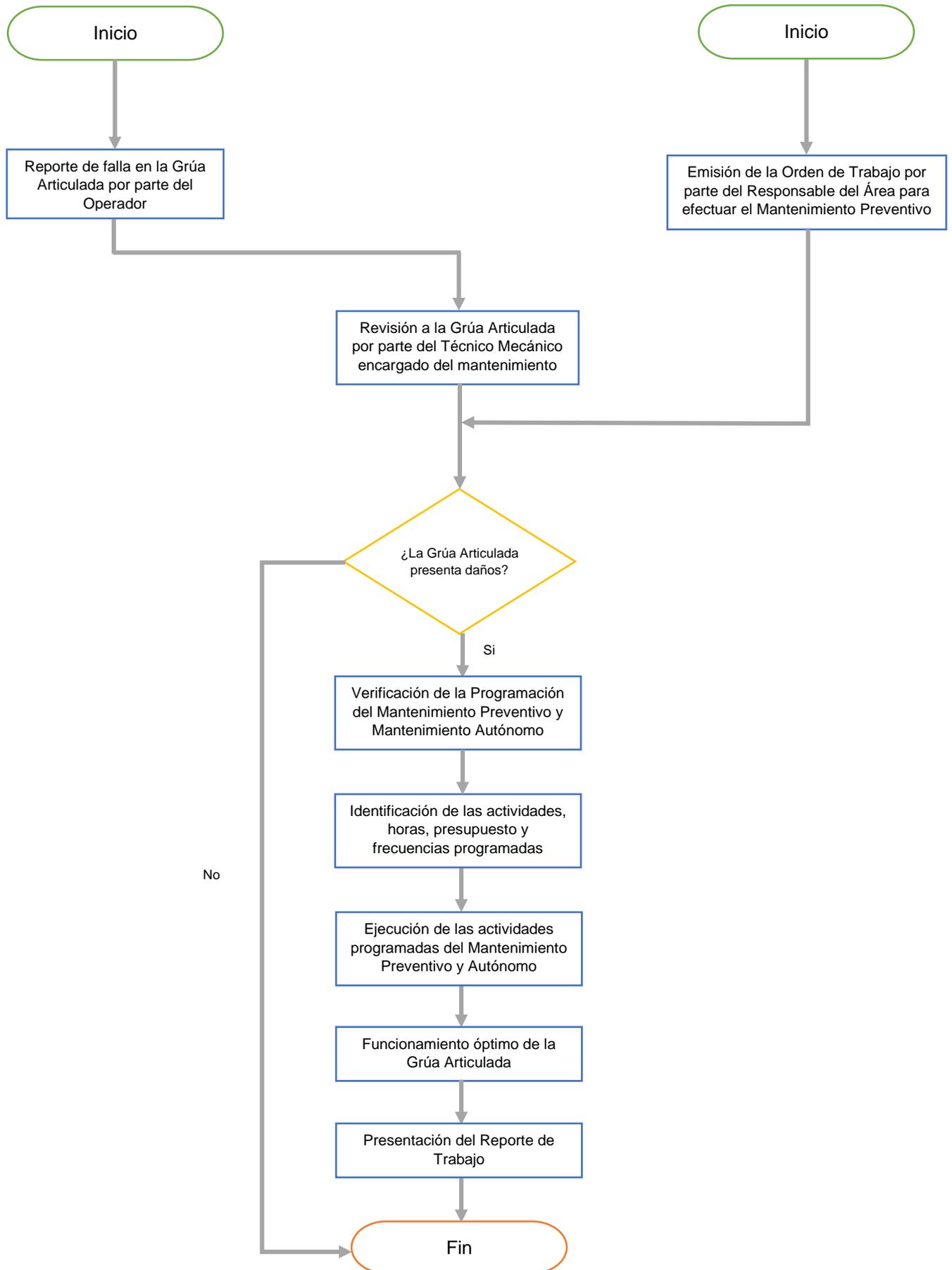
FIRMAS

Operador: 	Fecha: 7/07/2023
Responsable: 	Fecha: 7/07/2023

Anexo 17. Formato de Reporte de Trabajo del mantenimiento preventivo

		REPORTE DE TRABAJO		Código: CPME-RT-001	
DATOS GENERALES:					
Descripción de Máquina: <input type="text"/>		Marca: <input type="text"/>		Modelo: <input type="text"/>	
Tipo de Mantenimiento: Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>		Encargado de Mantenimiento: Tec. Mecánico <input type="checkbox"/> Tec. Electricista <input type="checkbox"/>		Fecha de Intervención: ____ / ____ / ____	
CONDICIÓN DE TRABAJO:					
¿Estado de Máquina?					
Crítico <input type="checkbox"/>		Medio <input type="checkbox"/>		Normal <input type="checkbox"/>	
¿Personal cuenta con el Equipo de Protección Personal (EPP) requerido para la actividad?					
Cumple <input type="checkbox"/>		No Cumple <input type="checkbox"/>			
DESCRIPCIÓN DE FALLAS PRESENTADAS EN MÁQUINA					
DESCRIPCIÓN DE REPARO DE MÁQUINA					
PIEZAS O REPUESTOS UTILIZADOS EN ACTIVIDAD					
Nº	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	
OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES					
ENCARGADO			RESPONSABLE		
Nombre: _____			Nombre: _____		
Cargo: _____			Cargo: _____		
Fecha: ____ / ____ / ____			Fecha: ____ / ____ / ____		
Firma: _____			Firma: _____		

Anexo 18. Flujoograma de Reporte de Trabajo del mantenimiento preventivo



Anexo 19. Criterios para el diseño del plan de mantenimiento preventivo

- **Acción 01: Establecer los objetivos y las metas.**

Los objetivos principales a lograr; fueron prevenir y reducir las fallas en las maquinarias, evitar las paradas inesperadas, minimizar los costos de reparación y mejorar la disponibilidad de las grúas articuladas, garantizando el mejor provecho y prolongando su vida útil. Así mismo, las metas definidas a conseguir; han sido aumentar la disponibilidad de las máquinas, disminuir las fallas de las mismas y contribuir a que los trabajadores desarrollen sus tareas o actividades adecuadamente, sin ningún problema que influya perjudicialmente hacia la seguridad tanto del equipo como del operador.

- **Acción 02: Determinar un presupuesto.**

El presupuesto con respecto al mantenimiento preventivo de las grúas articuladas de la empresa Copemane S.A.C., se llevó a cabo mediante el planteamiento de los distintos costos que demandó la mano de obra y los materiales utilizados para el mantenimiento designado; considerando los diferentes sistemas de dichas máquinas.

- **Acción 03: Incorporar los activos propios en el plan de mantenimiento.**

Se efectuó un inventario de las maquinarias de la compañía Copemane S.A.C.; en este caso, indicando un total de 6 grúas articuladas pertenecientes al Área de Parking.

- **Acción 04: Verificar los mantenimientos anteriormente ejecutados.**

Se desempeñaron mantenimientos de tipo correctivos a los equipos, previamente a la aplicación del plan de mantenimiento preventivo; en donde, permitió precisar las máquinas con sus sistemas respectivos, los componentes que incluyen, el número de fallos ocurridos junto a su duración (en horas) y los responsables delegados del mantenimiento.

- **Acción 05: Analizar el manual de las grúas articuladas.**

El plan de mantenimiento preventivo se realizó teniendo como base el Manual del Operador de la grúa articulada; el cual especificó toda la información necesaria para llevar a cabo una apropiada planificación de mantenimiento, brindando a detalle lo referente a los sistemas y componentes propios de las maquinarias.

- **Acción 06: Considerar las bases legales.**

Para efectuar el plan de mantenimiento preventivo, se tuvieron en cuenta ciertas normativas vigentes; tales como las siguientes:

- Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Decreto Supremo N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley N° 29783.

- **Acción 07: Indicar a los responsables del mantenimiento.**

La designación de los responsables encargados del mantenimiento preventivo, se realizó en función a especialidades; de esta manera, disponiendo de Técnicos Mecánicos, quienes desempeñaron las distintas intervenciones a las grúas articuladas.

- **Acción 08: Planificar y seleccionar el mantenimiento a llevar a cabo.**

Las intervenciones a efectuar a las máquinas, se determinaron a través de períodos de tiempo concretos; para este caso, en función a las frecuencias del mantenimiento preventivo (en horas), repartidas en las cuatro semanas que comprende cada uno de los meses (julio, agosto y septiembre) del año.

- **Acción 09: Realizar las actividades del plan de mantenimiento.**

Se ejecutaron las tareas propias del mantenimiento preventivo, considerando una programación preventiva y autónoma establecida; esencialmente referida a la limpieza, control y verificación de cada uno de los componentes con los que cuentan los tres sistemas (hidráulico, izaje y control) de las grúas articuladas.

- **Acción 10: Inspeccionar el cumplimiento del plan de mantenimiento.**

Se llevó a cabo un control respectivo (en porcentaje) concerniente al cumplimiento del mantenimiento preventivo; ello en base a las actividades que han sido ejecutadas de las que fueron programadas en el plan, y de acuerdo al desempeño de las intervenciones efectuadas por los responsables (Técnicos Mecánicos) del mantenimiento.