
Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de una grúa de 50 toneladas.**Preventive maintenance to increase the availability and reliability of a 50 ton crane.****Manutenção preventiva para aumentar a disponibilidade e a confiabilidade de um guindaste de 50 toneladas.****Silvia Elena Ypanaque Arteaga¹, Roberto Carlos Chucuya Huallpachoque², Lourdes Esquivel Paredes³.**

Resumen

La presente investigación se realizó con la finalidad incrementar la disponibilidad y confiabilidad de la grúa de 50 toneladas del astillero Luguensi E.I.R.L.; para ello se empleó una investigación tipo concluyente, descriptiva – explicativa, con diseño de investigación de carácter experimental en la categoría pre experimental; donde la población estuvo conformada por las 4 grúas telescópicas móviles del astillero Luguensi E.I.R.L., y la muestra fue la grúa de 50 toneladas. Los datos fueron recogidos a través de un reporte de fallas, matriz de criticidad y un cuestionario de mantenimiento donde se identificó las condiciones de disponibilidad y confiabilidad de la grúa, sus elementos más críticos y el sistema de gestión actual; asimismo, se utilizó un registro de datos y dos formatos para el diseño del programa de mantenimiento; además se elaboró un formato donde mostró la implementación del programa de mantenimiento preventivo en el que después se evaluaron los indicadores para verificar si se incrementaron. Se concluyó que después de implementar el programa de mantenimiento preventivo, se incrementó la disponibilidad inicial en un 0.04% y la confiabilidad en un 3.26%; alcanzando una disponibilidad de 98.96% y una confiabilidad de 71.19%.

Palabras clave: Confiabilidad, disponibilidad, mantenimiento preventivo.

Abstract

The present investigation was carried out in order to increase the availability and reliability of the 50 tonne crane of the Luguensi E.I.R.L shipyard; For this, a conclusive, descriptive - explanatory type research was used, with experimental research design in the pre experimental category; where the population was conformed by the 4 mobile telescopic cranes of the Luguensi E.I.R.L shipyard, and the sample was the 50 ton crane. The data was collected through a fault report, criticality matrix and a maintenance questionnaire where the conditions of availability and reliability of the crane, its most critical elements and the current management system were identified; also, a data record and two formats for the design of the maintenance program were used; In addition, a format was prepared where the implementation of the preventive maintenance program was shown, after which the indicators were evaluated to verify if they increased. Finally, it was concluded that after implementing the preventive maintenance program the initial availability was increased by 0.04% and the reliability by 3.26%; reaching an availability of 98.96% and a reliability of 71.19%.

Keywords: Availability, reliability, preventive maintenance

Resumo

A presente investigação foi realizada a fim de aumentar a disponibilidade e a confiabilidade do guindaste de 50 toneladas do estaleiro Luguensi E.I.R.L; Para isso, foi utilizada uma pesquisa conclusiva, descritiva - explicativa, com projeto de pesquisa experimental na categoria pré-experimental; onde a população foi conformada pelas 4 gruas telescópicas móveis do estaleiro Luguensi E.I.R.L, onde a amostra era a grua de 50 toneladas. Os dados foram coletados através de um relatório de falhas, matriz de criticidade e um questionário de manutenção onde foram identificadas as condições de disponibilidade e confiabilidade do guindaste, seus

¹ Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. ypanaque.arteaga@gmail.com.

² Escuela de Ingeniería en Energía. Magister. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. roberto_chuya@yahoo.es. <https://orcid.org/0000-0001-9175-5545>.

³ Dirección de Investigación. Magister. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. lesquivel@ucv.edu.pe. <http://orcid.org/0000-0001-5541-2940>

Recibido: 31/10/2017 Aceptado:9/11/2017

elementos mais críticos e o sistema de gerenciamento atual; Além disso, foram utilizados um registro de dados e dois formatos para o projeto do programa de manutenção; Além disso, foi preparado um formato onde a implementação do programa de manutenção preventiva foi mostrada, após o que os indicadores foram avaliados para verificar se eles aumentaram. Finalmente, concluiu-se que, depois de implementar o programa de manutenção preventiva, a disponibilidade inicial foi aumentada em 0,04% e a confiabilidade em 3,26%; atingindo uma disponibilidade de 98,96% e uma confiabilidade de 71,19%.

Palavras-chave: *manutenção preventiva, disponibilidade, confiabilidade.*

Introducción

En la actualidad, la presencia de averías en las máquinas industriales se puede anticipar trabajando para preverlas, y así, no causar pérdidas de ingresos ni aumento en costos, si se eliminan estas causas, mejoraría el rendimiento operacional y la seguridad. Muchas empresas aplican la frase “El mantenimiento es inversión, no gasto” (Sinais, 2016).

La gran mayoría de las empresas, de cualquier rubro, realizan mantenimiento a sus herramientas, máquinas, infraestructura, equipos y maquinarias de trabajo; así la inversión que se ejecuta, a mediano y largo plazo contribuye a obtener ingresos, no sólo para el empresario sino también incrementa la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas, y por consiguiente, mejoras en la producción; además, el mantenimiento simboliza una defensa importante en la seguridad industrial ya que gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos.

“Un programa de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, que incluye una serie de equipos, que regularmente no son todos. Es todo un conjunto de equipos que se consideran no mantenibles desde un punto de vista preventivo, y en los cuales en mucho más económico aplicar una política puramente correctiva” (Renovetec, párr. 1).

En la investigación de Chávez y Espinoza (2016), quienes trabajaron una propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa minera La Zanja S.R.L. afirman que dicha propuesta logró la reducción significativa del indicador MTTR (tiempo promedio para reparar), la frecuencia de fallas mensual de los equipos y el aumento también significativo del MTBF (tiempo promedio entre fallas) al realizar un mantenimiento continuo de los equipos, donde se comparó los resultados en promedio de seis meses para la disponibilidad de los equipos críticos y obtuvo un aumento significativo de este indicador. Los autores concluyeron que implementar un programa de mantenimiento incrementa la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos donde se minimizaron los costos de mantenimiento de los equipos y aumentó la productividad.

Buenaño (2016) realizó un plan de gestión de mantenimiento basado en el análisis de índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de las Locomotoras Tipo BBB 2400 de Ferrocarriles del Ecuador. El autor utilizó una metodología pre-experimental en el que se analizaron dos variables: gestión de mantenimiento, a través de una encuesta para determinar el estado actual y para la segunda variable que es disponibilidad de las locomotoras tipo BBB 2400 de FEED, realizó una medición de indicadores confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) mediante análisis con software estadístico en ocho locomotoras de la empresa. Como resultado, obtuvo que la gestión de mantenimiento alcanzó un estado de regular con un global de 55,78% de 100% obtenible, mediante el análisis CMD se determinó índices muy bajos de confiabilidad correctiva de 29,68%, confiabilidad preventiva de 39,77%, mantenibilidad debida a correctivos de 85,79%, mantenibilidad debida a preventivos de 68,80% y una disponibilidad alcanzada de 73.30%; el autor concluye que la propuesta demostró ser la adecuada para elegir los indicadores a calcular, donde la confiabilidad correctiva fue baja e incrementó en la confiabilidad preventiva, la mantenibilidad correctiva fue alta y la mantenibilidad preventiva disminuyó, y donde se alcanzó una disponibilidad máxima.

Pacheco (2015), en su investigación acerca del mantenimiento a los sistemas hidráulicos de grúas, propuso como objetivo principal realizar un plan de mantenimiento preventivo a la grúa articulada hidráulica. La empresa solo trabajaba con mantenimiento correctivo y no tenían ningún método de

análisis que ayuden a reportar y prevenir las fallas, representando una gran pérdida de tiempo a la hora de presentarse alguna falla en la grúa por falta de información y conocimientos, porque no contaba con el catálogo de fabricación de la grúa. Entre los principales resultados, se logró crear un historial del equipo y se implementó el plan de mantenimiento preventivo. También, se utilizó una metodología observacional y tipo de investigación fue aplicativo, pre-experimental. Se concluyó que, al implementar el plan de mantenimiento se aseguró la disponibilidad de la grúa y la vida útil de la máquina, además se mejoró el proceso hidráulico de la grúa gracias a los historiales.

De igual manera, Molina (2015), en su trabajo de optimización de los planes de mantenimiento preventivos y rutinarios de la grúa puente de 200tm en área mill site de la unidad productiva de Toquepala – Southern Perú Copper Corporation, bajo un enfoque descriptivo, evaluó que si la propuesta se implementa, entonces, se incrementa la disponibilidad de 91% a 94% y donde los tiempos muertos existentes por las paradas de la máquina ya no existirían.

De esta forma, la presente investigación diseñó un programa de mantenimiento preventivo que incrementó la disponibilidad y confiabilidad de la grúa de 50 toneladas, previo a ello se desarrollaron los siguientes objetivos: Determinar en qué medida se encontraba el sistema de gestión de mantenimiento, diseñar el programa de mantenimiento preventivo y finalmente evaluar el programa de mantenimiento preventivo mediante los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.

Materiales y métodos

La presente investigación tuvo carácter experimental en la categoría pre experimental longitudinal. La población de estudio estuvo conformada por 4 grúas telescópicas móviles del astillero Luguensi E.I.R.L, y la muestra por la grúa de 50 toneladas. El muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia.

La variable independiente “mantenimiento preventivo” fue operacionalizado mediante indicadores que evaluaron la adecuada gestión del mantenimiento: Horas trabajadas de la máquina, horas de falla, número de fallas de la máquina, así mismo, los elementos del plan de mantenimiento. La variable dependiente se operacionalizó mediante el análisis CD (confiabilidad y disponibilidad)

Los instrumentos usados para la recolección de datos en la presente investigación fueron:

Reporte de Fallas: Formato en el que se registró información que ayudó a medir los indicadores de la variable dependiente.

Registro de Datos: Formato en el que se registró los componentes críticos y la información del manual de operación del objeto en estudio.

Formato N°1-LG: Formato en el que se colocó las diversas actividades de mantenimiento para la grúa de 50 toneladas.

Formato N°2-LG: Formato en el que se programó los días que se realizan las actividades de mantenimiento anualmente para la grúa de 50 toneladas.

Formato N°3-LG: Formato en el que se mostró la implementación del programa de mantenimiento preventivo de la grúa de 50 toneladas.

La metodología para el análisis de datos se observa en la Tabla 1.

Tabla 1

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA/ HERRAMIENTA	INSTRUMENTO	ANÁLISIS DE DATOS	RESULTADO
Observación no experimental Análisis de datos históricos	Reporte de fallas	Se determinó la disponibilidad y confiabilidad inicial de la grúa de 50 toneladas.	Se identificó las condiciones de disponibilidad y confiabilidad de la grúa.
Análisis de datos históricos Análisis documental Observación	Registro de datos Formato 1-LG Formato 2-LG	Se analizaron los elementos más críticos conjuntamente con el manual de operación de la grúa de 50 toneladas. Se registraron las diversas actividades del programa de mantenimiento preventivo de la grúa de 50 toneladas. Se programaron las actividades para el diseño del programa de mantenimiento preventivo.	Se logró diseñar y programar el programa de mantenimiento preventivo.
Observación experimental Revisión documental	Formato 3-LG Reporte de fallas	Se mostró la implementación del programa de mantenimiento preventivo de la grúa de 50 toneladas. Evaluó si incrementó la disponibilidad y confiabilidad después de ejecutar el programa de mantenimiento preventivo.	Se observó la ejecución y se realizó una comparación de indicadores antes y después de la propuesta.

Nota. Elaboración propia.

Resultados

Diagnóstico del sistema de gestión de mantenimiento

Para conocer la situación actual del sistema de gestión de mantenimiento se realizó una revisión de los reportes de mantenimiento correctivo que se ejecutaron a la grúa de 50 toneladas en el año 2016. El llenado del reporte de fallas, que se presenta en la Figura 1, permitió medir los indicadores: horas trabajadas por la máquina, el número de fallas y las horas de parada. Además, se utilizó las fórmulas de tiempo promedio para fallas (MTBF), tiempo promedio para reparar (MTTR), índice de fallas, disponibilidad y confiabilidad.

 REPORTE DE FALLAS							
N°	Fecha	Sistema	Detalle	Responsable	Horas que trabajó la máquina	Número de fallas de la máquina	Horas de falla
1	30-ene.-16	Sistema hidráulico	Reparación de adaptadores de carrito	Jorge Ruiz	700	4	20
2	18-feb.-16	Sistema hidráulico	Cambio de manguera de tornamesa	Pedro Huamanchumo	700	1	4
3	19-feb.-16	Sistema de frenos	Reparación de frenos de caja	Gabriel Rodríguez	400	1	8
4	19-feb.-16	Sistema de dirección	Reparación llanta posterior izquierda exterior	Vulcanizadora del Pacífico	1200	2	2
5	23-feb.-16	Sistema de dirección	Cambio espárragos de rueda llanta post. izquierda exterior	Pedro Huamanchumo	1200	1	4
6	23-feb.-16	Sistema de dirección	Reparación llanta delantera derecha posterior	Vulcanizadora del Pacífico	1200	2	2
7	05-mar.-16	Sistema hidráulico	Reparación de pistón de gata delantera izquierdo	Jorge Ruiz	700	1	32
8	05-mar.-16	Sistema hidráulico	Reparación de pistones de extensión delanteros	Jorge Ruiz	700	1	32
9	09-mar.-16	Sistema eléctrico	Cambio de horómetro	Yerson Colchado	150	1	1
10	17-mar.-16	Sistema hidráulico	Reparación de pistones de gatas delanteras y posteriores	Jorge Ruiz	700	1	32
11	17-mar.-16	Sistema hidráulico	Reparación de pistones de extensión posterior	Jorge Ruiz	700	1	32
12	21-mar.-16	Sistema hidráulico	Reparación de carretos de pluma	Jorge Ruiz	700	4	20
13	06-abr.-16	Sistema eléctrico	Reparación de luces laterales	Yerson Colchado	150	1	4
14	12-abr.-16	Sistema hidráulico	Tapa de tanque de hidráulico	Jorge Ruiz	700	1	4
15	12-abr.-16	Sistema hidráulico	Cambio de orings de tapa tanque hidráulico	Jorge Ruiz	700	1	4
16	06-may.-16	Sistema eléctrico	Cambio de circulina	Yerson Colchado	150	1	2
17	06-may.-16	Sistema de motor	Cambio de aceite y filtros de motor	Martin Bracamonte	250	1	8
18	10-may.-16	Sistema hidráulico	Reparación de pistones gemelos de levante derecho	Jorge Ruiz	700	1	56
19	16-may.-16	Sistema hidráulico	Reparación de pistones gemelos de levante izquierdo	Jorge Ruiz	700	1	56
20	20-may.-16	Sistema de dirección	Reparación llanta delantera derecha posterior	Vulcanizadora del Pacífico	1200	2	2
21	11-jun.-16	Sistema de frenos	Reparación de bomba de embrague principal	Gabriel Rodríguez	400	1	6
22	30-jun.-16	Sistema de dirección	Mantenimiento de llanta delantera posterior derecha	Rubén Carranza	1200	1	2
23	04-jul.-16	Sistema neumático	Reparación válvula de aceleración de cabina	Martin Bracamonte	700	1	4
24	05-jul.-16	Sistema eléctrico	Reparación y mantenimiento de alternador	Yerson Colchado	150	1	4
25	14-jul.-16	Sistema hidráulico	Reparación de manguera de gata delantera	Alejandro Bocanegra	700	1	4
26	27-jul.-16	Sistema neumático	Reparación válvula de aceleración de cabina	Martin Bracamonte	700	1	4
27	03-ago.-16	Sistema hidráulico	Reparación de manguera de gata delantera	Pedro Huamanchumo	700	1	4
28	24-sep.-16	Sistema de transmisión	Reparación de engroche de doble marcha	Julio Rodríguez	500	1	32
29	04-oct.-16	Sistema de dirección	Reparación de llanta posterior derecha	Vulcanizadora del Pacífico	1200	1	2
30	12-oct.-16	Sistema hidráulico	Manguera de retorno tanque hidráulico	Pedro Huamanchumo	700	1	8
31	27-oct.-16	Sistema hidráulico	Reparación de adaptador giratorio izq. de carrito	Jorge Ruiz	700	1	4
Suma total					21250	40	399
MTBF (tiempo promedio para fallas)					531.25		
MTTR (tiempo promedio para reparar)					9.98		
Índice de falla					0.002		
% Disponibilidad					98.16		
% Confiabilidad					62.47		

Elaborado por: Silvia Ypanaqué Arteaga Junio 2017	Revisado por: Jefe de Mantenimiento Junio 2017	Aprobado por: Asesor Metodológico Junio 2017
--	---	---

Figura 1. Reporte de fallas de la grúa de 50 toneladas – año 2016.
 Nota. Elaboración propia.

La Figura 1, muestra el reporte de fallas por sistema, cada sistema basado en la especificación técnica (Manual de servicio de la grúa GROVE) debe recibir un mantenimiento o cambio al límite de las horas trabajadas por la máquina.

Se observa el número de fallas de la máquina antes que se detenga. Las horas de fallas dependen de cuanto se demoró en fallar el sistema. Por ejemplo: si el sistema hidráulico se detuvo, pero anticipadamente falló, el mismo, sistema tres veces más, pues el número total de fallas es 4, además, si por cada falla la máquina estuvo 5 horas aproximadamente sin brindar servicio entonces las horas de fallas son 20 horas.

Además, se observa que el porcentaje de disponibilidad del año 2016 fue de un 98.16% con respecto a su operatividad; esto quiere decir, que la grúa de 50 toneladas estaba disponible para cualquier servicio en el que se requiriera trabajar.

Sin embargo, obtuvo un 62.47% de confiabilidad que es un bajo porcentaje, considerando que se pueden anticipar fallas o paradas inesperadas de la máquina.

Los porcentajes de confiabilidad y disponibilidad debían ser equivalentes, tratándose de la misma máquina. Con estos resultados, del sistema de gestión de mantenimiento, se determinó que la empresa no contaba con un programa de mantenimiento preventivo, y por eso, el bajo porcentaje de confiabilidad de la grúa en el que fallaban distintos sistemas.

Diseño del programa de mantenimiento

Se aplicó el llenado del formato de registro de datos que se encuentra en la Figura 2.

Quedaron detallados los sistemas críticos y los componentes de cada sistema, conjuntamente revisado con el manual de fabricación de la grúa de 50 toneladas.

Se clasificó cada sistema con sus componentes para realizar el diseño.

Según el manual de fabricación, el mantenimiento, por sistema y componente, puede realizarse diario (aprox. 50 horas), semanal (aprox. 150 horas), mensual (aprox. 250 horas), trimestral (aprox. 500 horas), semestral (aprox. 1200 horas) y anual (aprox. 2000); depende mucho de los sistemas pues el mantenimiento es diferente para cada componente, también de la operatividad y el trabajo de la máquina. Es por eso, que la Figura 2 explica cada cuántas horas se debía realizar el mantenimiento para cada sistema.

Además, la Figura 2 también muestra que la mayor parte de los sistemas de la grúa se debía revisar cada 1200 horas. Para comprobar que un programa de mantenimiento está bien elaborado se efectúa a través de un período de tiempo.


 REGISTRO DE DATOS						
Equipo: grúa de 50 toneladas			Fecha: Jun-2017			
Componentes de los sistemas críticos	Manual de fabricación					
	50 hr	150 hr	250 hr	500 hr	1200 hr	2000 hr
DE TRANSMISIÓN						
Cambiar filtro de aceite de transmisión				✓		
Verificar nivel de aceite de caja					✓	
Inspeccionar suspensión trasera y delantera			✓			
Lubricar tendido de eje trasero					✓	
Revisar nivel de aceite de la masa planetaria				✓		
HIDRAULICO						
Lubricar ejes de impulso.			✓			
Revisar torque de tornillos del eje impulsor			✓			
Revisar cubiertas y tuberías		✓				
Lubricar puntos de pivote de palanca de acelerador					✓	
Verificar nivel en reservorio hidráulico		✓				
Verificar indicadores de filtro de retorno				✓		
Lubricar pernos de cilindro de elevación de pluma					✓	
Lubricar pernos inferiores de la pluma					✓	
Lubricar poleas tensoras					✓	
Revisar goteras o daño en la máquina		✓				
Lubricar cilindros de traba de eje					✓	
Lubricar extremos de varilla de tensión					✓	
Revisar nivel de aceite en malacate				✓		
Lubricar cilindros telescópicos de elevación de la pluma					✓	
NEUMÁTICO						
Revisar sistema de entrada de aire		✓				
DE DIRECCIÓN						
Revisar torque de tornillos de llanta			✓			
Revisar torque de tuerca de montaje de las ruedas						
Lubricar uniones de dirección				✓		
Lubricar cilindros de dirección				✓		
Revisión de neumáticos y presión		✓				
Revisar sistemas de escapes		✓				
DE FRENOS						
Revisar nivel de fluido de frenos de servicio						✓
Revisar nivel de aceite en freno de la reducción de				✓		
Revisar nivel de aceite en reservorio de freno de rotación				✓		
Probar el sistema de frenos		✓				
DE MOTOR						
Cambiar aceite del motor y filtro				✓		
Cambiar filtro de combustible				✓		
Revisar tornillos de montaje de motor y transmisión					✓	
Revisar nivel de refrigerante						
Revisar ventilador de motor			✓			
Revisar correas o fajas			✓			
Purgar separador de agua. motor dd		✓				
Limpieza de tanque de combustible						✓
Revisar nivel de aceite de diferencial						✓
Revisar pernos de cerrojo de cubierta superior		✓				
Revisar nivel de electrolito en batería		✓				
Revisar indicador de filtro de aire			✓			
ELÉCTRICO						
Revisar daño en cableado eléctrico			✓			
Elaborado por: Silvia Ypanaque Arteaga		Revisado por: Jefe de Mantenimiento		Aprobado por: Asesor Metodológico		
Junio 2017		Junio 2017		Junio 2017		

Figura 2. Registro de datos para el diseño del programa de mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

El diseño del programa de mantenimiento estuvo de la mano con el manual de instrucciones, que consigna todas las instrucciones sobre cada operación de mantenimiento y recomienda que un mantenimiento preventivo se debe realizar cada 250 horas aproximadamente; en la Figura 3, se muestra el Formato 1-LG que es el programa de mantenimiento preventivo en el que describieron las características de la grúa, los puntos de mantenimiento y ítems como Ok (en buen estado), AC (Acción Correctiva) y RP (Reparación).

MANTENIMIENTO PREVENTIVO AÑO 2017
250 HORAS

EQUIPO DE IZAJE: GRÚA MOVIL MONTADA SOBRE CAMIÓN
MARCA: GROVE CRANE
MODELO: TMS475LP
SERIE: 40014
CAPACIDAD: 50 TN
HORÓMETRO:
FECHA:
REALIZADO POR:

PUNTOS DE MANTENIMIENTO	OK	AP	RP	OBSERVACIONES
Lubricar ejes de impulso				
Revisar torque de tornillos del eje impulsor				
Revisar nivel de fluido de frenos de servicio				
Revisar cubiertas y tuberías				
Revisar torque de tornillos de llanta				
Cambiar aceite del motor y filtro				
Cambiar filtro de combustible				
Revisar sistema de entrada de aire				
Lubricar puntos de pivote de palanca de acelerador				
Revisar tornillos de montaje de motor y transmisión				
Revisar torque de tuerca de montaje de las ruedas				
Cambiar filtro de aceite de transmisión				
Revisar nivel de refrigerante				
Revisar ventilador de motor				
Revisar correas o fajas				
Purgar separador de agua. motor dd				
Purgar reservorios de aire				
Verificar nivel en reservorio hidráulico				
Verificar indicadores de filtro de retorno				
Verificar nivel de aceite de caja				
Lubricar pernos de cilindro de elevación de pluma				
Lubricar pernos inferiores de la pluma				
Lubricar poleas tensoras				
Lubricar poleas de cabezal de la pluma				
Lubricar equipo opcional				
Verificar daño en cable de acero				
Revisar goteras o daño en la maquina				
Revisar daño en cableado eléctrico				
Inspeccionar suspensión trasera y delantera				
Limpieza de tanque de combustible				
Lubricar tendido de eje trasero				
Lubricar cilindros de traba de eje				
Lubricar extremos de varilla de tensión				
Lubricar uniones de dirección				
Lubricar cilindros de dirección				
Revisar nivel de aceite de diferencial				
Revisar nivel de aceite de la masa planetaria				
Revisión de neumáticos y presión				
Revisar sistemas de escapes				
Revisar pernos de cerrojo de cubierta superior				
Revisar nivel de electrolito en batería				
Revisar indicador de filtro de aire				
Revisar nivel de aceite en freno de la reducción de rotación				
Revisar nivel de aceite en malacate				
Revisar nivel de aceite en reservorio de freno de rotación				

Figura 3. Programa de mantenimiento preventivo.

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 4 se evidencia el Formato 2-LG que es el diseño del programa de mantenimiento preventivo anual mediante un cronograma; es decir, en que períodos del año se debían realizar los puntos de mantenimiento (semanal, mensual, trimestral, semestral).

El programa de mantenimiento preventivo se implementó durante 4 meses. La Figura 5 muestra las actividades que se ejecutaron en el mes de julio a octubre y las observaciones que se han realizado en la acción preventiva tomada (AP).








	ASTILLERO LUGUENSI EIRL		Código: M/G-LG Versión: 001 Página: 1/1
	FORMATO N°3-LG		
GRÚA: GROVE CRANE		CAPACIDAD: 50 TN	
MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	FOTO	
Cambiar aceite del motor y filtro	Se realizó el cambio de aceite de 25w60 "CASTROL" cumplida las 250 horas de trabajo, además se cambia los filtros de aceite y se realiza la limpieza de motor.		
Cambiar filtro de combustible	Se realizó cambio del filtro de combustible (petróleo), cumplidas las 250 horas de trabajo.		
Revisar torque de tuerca de montaje de las ruedas	Se reajustaron los torques de pernos de las ruedas delanteras y posteriores de la grúa de 50 toneladas.		
Cambiar filtro de aceite de transmisión	Se realizó el cambio de aceite de transmisión SAE 140, cumplida las 500 horas de trabajo.		
Revisar ventilador de motor	Se revisó las fajas del ventilador, se reajustan los pernos del ventilador y se examina la bomba de agua.		
Inspeccionar suspensión trasera y delantera	Se revisó los muelles y los frenos de aire delantero y posterior, también los amortiguadores de aire y de tipo pistón.		
Elaborado por: Silvia Ypanaqué Arteaga Noviembre 2017	Revisado por: Jefe de Mantenimiento Noviembre 2017	Aprobado por: Asesor Metodológico y Temático Noviembre 2017	


Figura 5. Implementación del programa de mantenimiento preventivo.

Nota. Elaboración propia

La Figura 5 presenta fotos tomadas de algunas actividades cumplidas del programa de mantenimiento preventivo; se muestra la implementación del programa dentro de la empresa astillero Luguensi E.I.R.L.

Al evaluar los indicadores después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo, se muestra que a pesar de los mantenimientos que se le realizó a la grúa, ésta falló; puesto que ocurrieron


paradas a partir de las 500 horas que la máquina estuvo en operatividad, aun cuando, las fallas no tuvieron la misma frecuencia de ocurrencia.

 REPORTE DE FALLAS							
Nº	FECHA	SISTEMA	DETALLE	RESPONSABLE	HORAS TRABAJADAS DE LA MÁQUINA	NÚMERO DE FALLAS DE LA MÁQUINA	HORAS DE FALLA
1	12-jul.-17	SISTEMA HIDRAULICO	VALVULA DE CAJON DE PLUMA EXTENSION	JORGE RUIZ	750	1	4
2	12-ago.-17	SISTEMA DE FRENOS	FRENOS DE TORNAMEZA	JORGE RUIZ	750	1	8
3	14-ago.-17	SISTEMA DE AIRE	REPARACION DE MANGUERAS DE AIRE DE COMPRESOR	PEDRO HUAMANCHUMO	700	1	8
4	09-sep.-17	SISTEMA NEUMATICO	VALVULAS DE ACELERACION DE CABINA	MILTON GOMEZ	500	1	16
5	18-sep.-17	SISTEMA DE IZAJE	REPARACION CARRETO DE WINCHE DE PLUMA	JORGE RUIZ	500	1	8
6	05-oct.-17	SISTEMA DE MOTOR	REPARACION DE TURBO DE MOTOR	AMERICO MOSTACERO	1200	1	6
7	20-oct.-17	SISTEMA ELECTRICO	REPARACION DE ALTERNADOR Y CIRCULINA	YERSON COLCHADO	750	1	8
SUMA TOTAL					5150	7	58
MTBF (Tiempo Promedio para Fallas)					735.71		
MTTR (Tiempo Promedio para Reparar)					8.29		
ÍNDICE DE FALLA					0.001		
% DISPONIBILIDAD					98.962		
% CONFIABILIDAD					71.19		

ELABORADO POR: SILVIA YPANAQUÉ ARTEAGA Noviembre 2017	REVISADO POR: JEFE DE MANTENIMIENTO Noviembre 2017	APROBADO POR: ASESOR METODOLÓGICO Noviembre 2017
---	--	--

Figura 6. Reporte de fallas de la grúa de 50 toneladas post al programa de mantenimiento-2017.

Nota. Elaboración propia

 REPORTE DE FALLAS							
Nº	FECHA	SISTEMA	DETALLE	RESPONSABLE	HORAS TRABAJADAS DE LA MÁQUINA	NÚMERO DE FALLAS DE LA MÁQUINA	HORAS DE FALLA
1	04-jul.-16	SISTEMA NEUMATICO	REPARACION VALVULA DE ACELERACION DE CABINA	MARTIN BRACAMONTE	700	1	4
2	05-jul.-16	SISTEMA ELECTRICO	REPARACION Y MANTENIMIENTO DE ALTERNADOR	YERSON COLCHADO	150	1	4
3	14-jul.-16	SISTEMA HIDRAULICO	REPARACION DE MANGUERA DE GATA DELANTERA	ALEJANDRO BOCANEGRA	700	1	4
4	27-jul.-16	SISTEMA NEUMATICO	REPARACION VALVULA DE ACELERACION DE CABINA	MARTIN BRACAMONTE	700	1	4
5	03-ago.-16	SISTEMA HIDRAULICO	REPARACION DE MANGUERA DE GATA DELANTERA	PEDRO HUAMANCHUMO	700	1	4
6	24-sep.-16	SISTEMA DE TRANSMISION	REPARACION DE ENGROCHE DE DOBLE MARCHA	JULIO RODRIGUEZ	500	1	32
7	04-oct.-16	SISTEMA DE DIRECCION	REPARACION DE LLANTA POSTERIOR DERECHA	VULCANIZADORA DEL PACÍFICO	1200	1	2
8	12-oct.-16	SISTEMA HIDRAULICO	MANGUERA DE RETORNO TANQUE HIDRAULICO	PEDRO HUAMANCHUMO	700	1	8
9	27-oct.-16	SISTEMA HIDRAULICO	REPARACION DE ADAPTADOR GIRATORIO IZQ. DE CARRETO	JORGE RUIZ	700	1	4
SUMA TOTAL					6050	9	66
MTBF (Tiempo Promedio para Fallas)					672.22		
MTTR (Tiempo Promedio para Reparar)					7.33		
ÍNDICE DE FALLA					0.001		
% DISPONIBILIDAD					98.921		
% CONFIABILIDAD					68.94		

ELABORADO POR: SILVIA YPANAQUÉ ARTEAGA Junio 2017	REVISADO POR: JEFE DE MANTENIMIENTO Junio 2017	APROBADO POR: ASESOR METODOLÓGICO Junio 2017
---	--	--

Figura 7. Reporte de falla de la grúa de 50 toneladas en julio, agosto, setiembre, octubre – 2016.

Nota. Elaboración propia

La Figura 6, muestra que el porcentaje de disponibilidad, en el año 2017 (julio a octubre), de la grúa de 50 toneladas fue de un 98.89% con respecto a su disponibilidad, quiere decir, que se tuvo un alto porcentaje que la máquina esté disponible para cualquier servicio; y se tuvo un 71.19% de confiabilidad que, a comparación de los indicadores iniciales (de los mismos meses, Figura 7) había incrementado.

Por lo tanto, al comparar los indicadores iniciales y los indicadores después de la implementación del programa de mantenimiento resultó:

Tabla 2
Impacto de los indicadores luego del programa de mantenimiento

INDICADORES	SIN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	CON PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	VARIACIÓN DE INCREMENTO
DISPONIBILIDAD	98.92%	98.96%	0.04
CONFIABILIDAD	68.94%	71.19%	3.26

Nota. Elaboración propia

$$\% \Delta \text{Disponibilidad} = \frac{P_y - P_x}{P_x} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$\% \Delta \text{Disponibilidad} = \frac{0.9896 - 0.9892}{0.9892} \times 100$$

$$\% \Delta \text{Disponibilidad} = \mathbf{0.04}$$

$$\% \Delta \text{Confiabilidad} = \frac{P_y - P_x}{P_x} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

$$\% \Delta \text{Confiabilidad} = \frac{0.7119 - 0.6894}{0.6894} \times 100$$

$$\% \Delta \text{Confiabilidad} = \mathbf{3.26}$$

La Tabla 2, evidencia que el programa de mantenimiento preventivo incrementó el porcentaje de la disponibilidad inicial en un 0.04% y en un 3.26% la confiabilidad inicial de la grúa de 50 toneladas que fue beneficioso para la empresa, ya que la máquina estuvo disponible y con mejor grado de confiabilidad para cualquier servicio que se solicite.

Discusión

Los resultados obtenidos en el diagnóstico se han orientado a evaluar la disponibilidad y confiabilidad, de la grúa de 50 toneladas, para lo cual también se calculó el tiempo promedio entre fallas, el tiempo promedio para reparar y el índice de fallas. También, en la investigación de Molina (2015) se realiza el diagnóstico en una empresa minera en Toquepala, recopilando información de un equipo puente grúa GRT5 y calculando la cantidad de fallas ocurridas, MTFB (tiempo promedio entre fallas), MTTR (tiempo promedio para reparar), la tasa de disponibilidad; seguidamente se realizó un análisis de criticidad debido a la cantidad de subsistemas (07) que componen el sistema de puente grúa GRT5.

En el caso del programa de mantenimiento preventivo, éste se diseña con los sistemas de la grúa, dividiendo cada sistema con sus partes, de la misma manera que en la investigación de Maldonado y Sigüenza (2012), pero no el mismo intervalo de horas que planteaban, sino por lo contrario se tomaron 50, 150, 250, 500, 1200 y 2000 horas que equivale a: diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual. Además, Maldonado y Sigüenza (2012) expresa que el diseño de un programa de mantenimiento es para cada máquina y debe contar con actividades como reparar, cambiar, drenar, recoger, inspeccionar, lubricar, limpiar y verificar; además tener un intervalo de horas en el que se va a realizar el mantenimiento de cada actividad como es 5, 20, 50, 200, 600, 750, 1000, 2000, 4000, 10000 horas. También, el autor recomienda que es necesario elaborar una ficha de mantenimiento rutinario para llevar mejor un control del mantenimiento diario de cada máquina.

Buenaño (2016) realizó una medición de indicadores confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) mediante análisis con software estadístico, en ocho locomotoras de una empresa pública en el Ecuador, como resultado obtuvo que la gestión de mantenimiento alcanzó un estado de regular con un global de 55,78% de 100% obtenible, mediante el análisis CMD se determinó índices muy bajos de

confiabilidad correctiva de 29,68%, confiabilidad preventiva de 39,77%, mantenibilidad debida a correctivos de 85,79%, mantenibilidad debida a preventivos de 68,80% y una disponibilidad alcanzada de 73.30%. La presente investigación, midió los mismos indicadores excepto la mantenibilidad, en el que incrementó la disponibilidad y confiabilidad de la grúa de 50 toneladas.

Al evaluar el reporte de fallas, del 2017 con el año 2016, el tiempo promedio para fallas aumenta en 63.49 horas/falla, que a su vez representa aproximadamente un 9%. Por otro lado, también se incrementan los tiempos de reparación que influyen en el tiempo promedio para reparar, con un incremento de 0.38 horas/reparación, lo que a su vez representa un 5% de variación. El impacto más importante que se aprecia es el tiempo promedio para fallas, debido a que la frecuencia en las paradas tiene mayor incidencia con respecto al número de horas dedicadas a reparación por problemas de mantenimiento.

En las investigaciones recopiladas los autores evaluaron la disponibilidad como indicador principal. Por ejemplo, Molina (2015) expresó haber incrementado la disponibilidad de 91 a 94%, siendo este aumento solo en 3%, puesto que existen tiempos muertos por paradas de máquina. En el caso de la disponibilidad de la grúa de 50 toneladas incrementó en un 0.04% pasando de 98.92% a 98.96%; dicha variación no llega a los valores mencionados por Molina debido a que la investigación solo estuvo enfocado a una máquina que es la grúa de 50 toneladas; la investigación tiene la confiabilidad como indicador principal, que incrementó de 68.94% a 71.19%, siendo el aumento de 3.26%.

Finalmente, el objetivo general y la hipótesis planteada por la investigación queda aprobada; indicando que un mantenimiento preventivo disminuye las paradas inesperadas e incrementa la disponibilidad y confiabilidad de la grúa de 50 toneladas.

Conclusiones

La presente investigación concluye que después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo para la grúa de 50 toneladas, se determina un incremento de la disponibilidad en un 0.04% y la confiabilidad en un 3.26%.

Referencias bibliográficas

- Botero, C. (1991). *Manual de mantenimiento*. Recuperado de http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#
- Buenaño, L. (2016). *Plan de gestión de mantenimiento basado en el análisis de índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de las locomotoras tipo BBB 2400 de ferrocarriles del Ecuador empresa pública*. (Tesis de postgrado). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Cuatrecasas, L. y Torrell, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. España: Bresca Profit Editorial.
- EcuRed, (22 de abril de 2017). Mantenimiento industrial [Mensaje en un blog]. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Mantenimiento_industrial
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. 5ª Edic. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A.
- Hormigonar (2008). *Mantenimiento industrial, un aliado de rentabilidad empresarial*. Recuperado <http://www.hormigonelaborado.com/publico/files/hormigonar14.pdf>
- Mora, L. (2009). Capítulo 5. Confiabilidad - Mantenibilidad CMD - Estimación de F (tj) y M (tj). En México (Alfaomega Grupo Editor), *Mantenimiento: planeación, ejecución y control* (pp. 95-139). México: Alfaomega Grupo Editor
- Molina, B. (2015). *Optimizar los planes de mantenimiento preventivos y rutinarios de la grúa puente de 200tm en área mill site de la unidad productiva Toquepala – Southern Perú Copper Corporation 2012 – 2013* (Tesis de pregrado). Arequipa: Universidad Católica Santa María.

- Maldonado, H. y Sigüenza, L. (2012). *Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada en la empresa minera Dynasty Mining del cantón Portovelo* (Tesis pregrado). Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Mesa, D., Ortiz, Y. y Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Revista Scientia Et Technica*, Vol. XII (núm. 30), pp. 155-160. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920491036>