

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), PARA OPTIMIZAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LA MÁQUINA CON MAYOR CRITICIDAD

MAINTENANCE PROGRAM FOCUSED ON RELIABILITY (RCM), TO OPTIMIZE THE OPERATIONAL AVAILABILITY OF THE MACHINE WITH GREATER CRITICALITY

Juan Pablo Diestra Quevedo¹
Lourdes Esquivel Paredes²
Robert Guevara Chinchayan³

Resumen

El objetivo fue diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que se ajuste a la necesidad operacionales de la empresa, Puentes Grúa N°2 & 5, del área de producción. Para lograrlo, se realizó un diagnóstico situacional de las máquinas con mayor uso, recolectando información referente al tipo de mantenimiento que se realiza actualmente, características y funcionamiento de las máquinas que realizan una función del contexto operacional, se analizó la data histórica de fallas de los últimos 3 años, luego con el uso de la matriz de Criticidad se logró jerarquizar la máquina con mayor criticidad, con la finalidad de dirigir los métodos de mantenimientos a estas máquinas; los elementos más críticos son: Bocinas y Rodamientos, Zapata de Frenos, ejes de transmisión, bocinas de alimentación de líneas fase. Se ejecutó un Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), para identificar fallas y efectos sobre la máquina. Con la aplicación del Árbol Lógico de Decisión (ALD), se determinó el tipo de mantenimiento a aplicar, definiendo 52 tareas de las cuales el 90 % son preventivas y 10 % correctivas, para concluir se estimó la confiabilidad actual de los equipos críticos mediante probabilidades estadísticas del estado de la máquina y sus componentes, basada en información recopilada por los trabajadores de la empresa, así el diseño del plan de mantenimiento permitió plantear estrategias disminuir la ocurrencia de fallas.

Palabras clave: *Mantenimiento, Disponibilidad operacional, Confiabilidad, Seguridad, costos por mantenimiento, rentabilidad.*

Abstract

The objective was to design a Reliability Centered Maintenance Plan that meets the operational needs of the company, Puentes Grúa N°2 & 5, of the production area. To achieve this, a situational diagnosis was made of the most widely used machines, gathering information regarding the type of maintenance currently carried out, characteristics and functioning of the machines that perform a function of the operational context, analyzed the historical data of failures of the Last three years, then with the use of Critical Matrix, the machine was hierarchized with greater criticality, in order to direct the maintenance methods to these machines; The most critical elements are: Horns and Bearings, Brake Shoe, transmission shafts, phase line power horns. A Fault Modes and Effects Analysis (AMEF) was run to identify faults and effects on the machine. With the application of the Logical Decision Tree (ALD), the type of maintenance to be applied was defined, defining 52 tasks of which 90% are preventive and 10% corrective, in order to conclude, the current reliability of critical equipment was estimated by means of probabilities Statistics of the state of the machine and its components, based on information collected by the workers of the company, thus the design of the maintenance plan allowed to propose strategies to reduce the occurrence of failures.

Keywords: *Maintenance, Operational Availability, Reliability, Safety, maintenance costs, profitability.*

¹ Adscrito Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Bachiller. Universidad César Vallejo. Chimbote. Ancash. Perú. jupdique@hotmail.com

² Adscrito Oficina de Investigación Docente. Dirección de Investigación y Calidad. Universidad César Vallejo. Chimbote. Ancash. Perú. lesquivel@ucv.edu.pe, <http://orcid.org/0000-0001-5541-2940>

³ Adscrito Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Magister. Universidad César Vallejo. Chimbote. Ancash. Perú.

1. Introducción

Actualmente muchas empresas del mundo, dedicadas al rubro empresarial del metal mecánico, como es el caso del taller mecánico del CIITEC en el Instituto Politécnico Nacional (IPN) en México, son ajenas a planes de mantenimiento para sus activos, o simplemente practican el mantenimiento correctivo no programado. El no contar con una planificación las actividades de mantenimiento, no se puede determinar con certeza cuál es la maquinaria que tiende a ser más crítico en su sistema. Así mismo, se dificulta la asignación de presupuesto para llevar a cabo las tareas de mantenimiento y la compra de refacciones. Por este motivo, muchas empresas que pasan por este dilema no cubren los lineamientos de un sistema de gestión Producción de calidad establecidos por la norma ISO 9001:2015. En las últimas décadas, las estrictas normas de calidad y la presión competitiva han obligado a las empresas a transformar sus departamentos de mantenimiento a un nivel muy alto.

Es imprescindible, tanto en las grandes como en las medianas empresas, la implantación de una estrategia de mantenimiento para aumentar la vida de sus componentes, mejorando así la disponibilidad de sus equipos y su confiabilidad, lo que repercute en la productividad de la planta. Estos cambios suponen pasar de ser un departamento que realiza reparaciones y cambia piezas o máquinas completas, a una unidad con un alto valor en la productividad total de la empresa, mediante la aplicación de nuevas técnicas y prácticas.

La empresa Consorcio Metal Mecánico S.R.L, dedicada a la prestación de servicios de Diseño de Ingeniería, Fabricación y Montaje de proyectos integrales del área mecánica eléctrica, dispuestos a resolver las necesidades de los clientes, con eficiencia, puntualidad y calidad, por medio del uso de la técnica de "Moldeo Rotacional". COMET S.R.L. La falta de reestructuración interna de la empresa para mejorar la canalización de la elaboración de piezas, y por la continua demanda de nuevos proyectos, la empresa debe entregar los proyectos en las fechas establecidas, sin embargo, debido a paradas originadas por fallas inesperadas en máquinas primordiales para la producción, entre las más comunes y costosas están las fallas por falta de mantenimiento.

El área de producción (taller) presentó problemas e interrupciones en los procesos de manufactura, en plena faena de trabajo fallas de alta importancia paralizando la línea de fabricación o ensamblaje, el mayor índice de fallas en los puentes Grúa de horizontales, causando incumplimiento de contratos de servicios, en ocasiones la empresa se vio obligada a pagar mano de obra extra para recuperar los días de retraso generado por la falla imprevista de dichas máquinas. En los últimos 3 años, se observó que, de los 14 proyectos realizados, solo 8 de ellos fueron ejecutados y entregados en el tiempo determinado en contrato; esto quiere decir que en un 43 % de las veces no se entregaron los proyectos en el tiempo establecido.

Por ello la necesidad de proponer un método de mantenimiento para prevenir las paradas inesperadas por fallas de las máquinas.

Puente grúa

Un puente grúa se define como el aparato constituido por diferentes elementos y mecanismos que tiene como función distribuir cargas dentro del espacio de su rango de acción. Su uso se encuentra limitado a su lugar de montaje siendo por tanto una grúa de tipo fijo.

El movimiento de los puentes grúa suele realizarse a lo largo de una edificación, generalmente un almacén o una nave industrial, y su movimiento permitido están claramente identificados siendo imposible modificarlos (Carlos Resa, 2011).

a) Elementos de un Puente Grúa. En el momento de clasificar los elementos del puente grúa se pueden derivar a 2 grandes grupos de clasificación: i) Estructural: Engloba la totalidad de los elementos físicos que componen el puente grúa a excepción de los mecanismos. ii) Mecanismos: Son los elementos que hacen posible el movimiento de la estructura, del carro y de

la carga. iii) Estructuras: La estructura principal del puente grúa es, por normal general, bastante genérica para todos los tipos de puente grúa (Carlos Resa, 2011).

b) Componentes: 1. Carro móvil Principal, 2. Viga principal de la Grúa, 3. Chapas de Unión. Vigas Testeras o testeros, 4. Motor de Traslación del puente, 5. Mando de Control Cableado o Radio Control, 6. Equipamiento eléctrico de la Grúa, 7. Eq. Mecánico eléctrico del carro principal, 8. Gancho de amortiguación, 9. Montaje de rail C, 10. Fuente de alimentación eléctrica, 11. Cable de alimentación eléctrica.

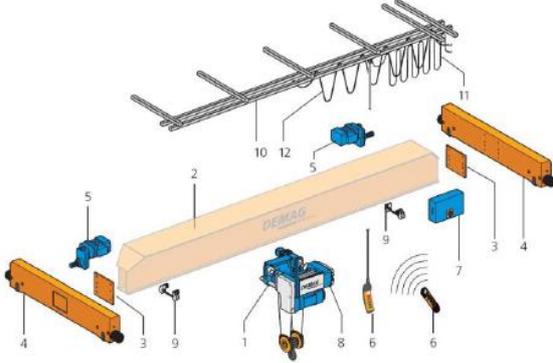


Figura 1: Componentes de la Grúa.

Fuente: Elaboración propia.

c) Mantenimiento: Es un conjunto de acciones que permiten mantener un equipo, o instalaciones en condición operativa, de tal forma cumplan con eficiencia las funciones para las cuales fueron fabricados y asignados, o recuperar dicha condición cuando esta falle. (Santiago García, 2012).

d) Máquinas: Una máquina es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado (Eduard Puig, 2013).

e) Máquinas Críticas: Una máquina crítica es aquella que tiene mayor importancia entre en un sistema o empresa, definitivamente la maquinaria crítica debe inspeccionarse con más frecuencia que la maquinaria no crítica. Basándonos en la definición de “crítico”, nos referimos a las máquinas con el más alto nivel de importancia para una empresa o en su defecto para un proceso. Esos activos merecen la atención de su limitado tiempo, dinero y esfuerzo (Roberto Trujillo, 2014).

f) Fallas y/o Averías en las máquinas: Las máquinas fallan por diversas razones; no todas las fallas son iguales. El término “falla de máquina” o “descompostura” usualmente implica que la máquina ha dejado de hacer la función por el cual fue diseñado o lo que se espera de ella. Esto es lo que se llama “pérdida de función” de la máquina o componente.

g) Sistema: Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia. Cada sistema existe dentro de otro más grande, por lo tanto, un sistema puede estar formado por subsistemas y elementos. (Leandro Alegsa, 2015)

h) Disponibilidad Operacional: Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo.

2. Materiales y métodos

Para la realización de este proyecto de investigación, se hizo uso de la recolección de una serie de información referente a las actividades de planificación y ejecución del mantenimiento, con el objetivo de mejorar estas técnicas de mantenimiento. La información recolectada necesaria para cumplir con los objetivos planteados fue teórica - práctica, Entre las técnicas empleadas se encuentran: Observación directa, encuesta, entrevista al personal, análisis de

documentos, grupos de Discusión, plan inicial basado en instrucciones del fabricante, Plan basado en el análisis de fallos, programa de auditoria interna, capacitación del personal, relación experto aprendiz.

3. Resultados

Respecto a la información recabada se identificó la máquina con mayor índice de fallas en los últimos 3 años dentro de la empresa, maquina critica - puente grúa horizontal, fabricada dentro de la empresa bajos estándares propuestos por el ingeniero mecánico eléctrico “Mackop Tamariz Sandoval”.

Los puentes grúa están instalados a lo largo de la nave de procesos, y se desplaza por medio de rieles en todo lo largo del taller, abarcando los 110 metros de largo de la mencionada nave. El tiempo real de operación diaria de los puentes grúas es de aproximadamente 20 Hs diarias a razón de 40 minutos por hora y el peso promedio de carga trasladada es entre 10 hasta 15 Tn. Esta máquina (grúa) está formada por un conjunto de mecanismos combinados entre sí en forma sincronizada que recibe energía eléctrica y la transforma en trabajo Mecánico. El puente grúa en un 100 % es utilizado para tareas de traslado, giros, almacenamiento y cargas de material fabricado, dentro del centro industrial de la empresa, presenta una tarea de máxima exigencia dadas las características del trabajo que se realizan en la empresa. El 60 % de puentes grúas instaladas presentan anomalías y ruidos de desgaste durante su uso, dos de ellas con fallas constantes que no reciben el mantenimiento rutinario en un tiempo establecido, estas máquinas son utilizadas diariamente a 100 y hasta 120% de su capacidad de carga, por consecuente acelera el tiempo promedio de fallas de las grúas.

Disponibilidad Operacional actual de la maquina con mayor criticidad.

Se tuvo en cuenta los tiempos por un mantenimiento del puente grúa, sin embargo la máquina no solo se detiene por motivos asociados al mantenimiento, sino operacionales y motivos externos a la máquina, por lo tanto los tiempos de parada sin operación del puente grúa no suman a las horas totales disponibles de operación, sino se restan para obtener un índice de disponibilidad más factible. Teniendo en cuenta estos parámetros tenemos que:

$$DO = \frac{MTBM}{MTBM+TMM} \times 100 \quad \text{---} \quad DO = \frac{78 \frac{\text{dias}}{M}}{78 \frac{\text{dias}}{M} + 7} \times 100 = 91.76\%$$

Dónde: MTBM = Tiempo medio entre Mantenimiento. i) Mantenimiento preventivo: cada 6 meses en promedio. ii) Días no laborables (domingos): 4 días por mes, 24 días por 6 meses. iii) Horas laboradas por día: 18 horas laborables/ día. iv) Operatividad por hora: 40 min x 1 Hora Aproximadamente. En 1 día su operatividad es de 12 Horas / día.

Entonces: i) Días laborables en 6 meses = 156 días. ii) Días maquina en operación $DM = \frac{12H}{24 H/dia} \times 156$ DM = 78 Días de Operatividad del puente grúa. TMM = Tiempo muerto medio,

donde influye el tiempo e mantenimiento correctivo y de mantenimiento preventivo. Tiempo de mantenimiento preventivo (cada 6 Meses) = 4 Días. Tiempos reparación por paradas inesperadas = 3 Días en promedio. Tiempo Muerto Medio Total = 7 días/ 6 meses.

Modos de fallas ocurridos, efectos y consecuencias

Existen 4 máquinas primordiales utilizadas para ejecución de los proyectos y trabajos realizados en planta, como son la plegadora, la cizalla, el torno vertical y la grúa puente, los cuales no pueden estar propensos a fallar, de lo contrario la producción pararía. Se identificó que la empresa actualmente no pone en marcha un plan de mantenimiento para esa máquina en especial, por ende actualmente 2 de los 7 puentes grúas están inoperativas.

Tabla 1
Fallas promedio del Puente Grúa

Nº de Puentes Grúa	Antigüedad (años)	Tiempo Promedio de Fallas	Tiempo de Reparación (días)
Nº1	3	2	1
Nº2	3	7	3
Nº3	3	2	1
Nº4	3	3	4
Nº5	3	4	2
Nº6	3	2	1
Nº7	3	1	1

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 2
Componentes y Elementos del Puente Grúa

Componentes	Código	Criticidad
1 Carro móvil Principal	CMP-001	1
2 Viga principal de la Grúa	VPG-001	1
3 Chapas de Unión	CU-002	2
4 Vigas Testeras o testeros	CT-001	1
5 Motor de Traslación del puente	MTP-001	3
6 Mando de Control Cableado o Radio Control	MCC-002	1
7 Equipamiento eléctrico de la Grúa	EEG-002	3
8 Eq. Mecánico eléctrico del carro principal	EECP-002	5
9 Gancho de amortiguación	GA-001	1
10 Montaje de rail C	MR-001	1
11 Fuente de alimentación eléctrica	FAE-004	2
12 Cable de alimentación eléctrica	CAE-002	3

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 3

Análisis modal de efectos y fallas para las bocinas & rodamientos de las ruedas del carrete principal del puente grúa.

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA																	
Componente: Boscinas & rodamientos				Responsable de Diseño: Mac kop Tamariz__				AMEF Número: 001									
Ensamble: Si		Reparó: Ferrel leiva				Página: 01											
Equipo de trabajar: Puente Grua								FECHA (Orig) :28 de octubre de 2016									
											RESULTADOS DE ACCIÓN						
Artículo/Funcion	Modo Potencial de falla	Efecto(es) Potencia (es) de falla	SEV	CLASE	Causa(s) Potencial(es)/ Mecanismos de fallas	OCURRENCIA	Controles de Diseño Actuales Prevención	Controles de Diseño Actuales de Detección	DETEC	RPN	Accion(es) Recomendada(as)	Responsable y fecha,objetivo determianción	Acciones tomadas	SEV	OCURRENCIA	DETEC	RPN
Boscinas & Rodamientos	Ruptura de ruedas.	<p>Efecto Local: Desalineamiento de Ruedas.</p> <p>Efecto subconsecuente: Alza de energia, activacion de llaves termicas.</p> <p>Efecto Final: Parada del proceso productivo</p>	8		Tolerancia/valores Objetivos Vibracion , Corrosion. Falta de Limpieza . Desgaste acelerado. Ruedas Fuera de Linea de accion.	4	.Alineamiento de rieles Horizontales. .Revisiones de diseño. Control de lubricacion en los rodamientos.	Inspección visual de los rieles de la nave. Monitoreo del comportamiento de las lineas de recorrido.	10	320	Realizar un rediseño de ubicacion de las columnas de apoyo. Alinear a 180° lineales a los rieles horizontales, donde recorre el puente grua. Realizar una reestructuración de las áreas criticas para el buen desarrollo del proceso productivo y así evitar paradas imprevistas. Se debe ejecutar y concluir por completo los trabajos de reestructuración.	Operadores y supervisorore del area del Taller, ingenieros encargados.	Realizar un rediseño de ubicacion de las columnas de apoyo. Alinear a 180° los rieles horizontales, donde recore el puente grua.	4	3	5	60

Para calcular el RPN (Numero de Prioridad de riesgo), se halla: **Riesgo**= Severidad x Ocurrencia x Detección

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4
Análisis modal de efectos y fallas para las zapatas del sistema de frenos del puente grúa:

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA																	
Componente: Zapatas de Frenos				Responsable de Diseño: Mackop Tamariz				AMEF Número: 001									
Ensamble: Si		Reparó: Ferrel Ieiva				Página: 01		FECHA (Orig) :28 de octubre de 2016									
Equipo de trabajar: Puente Grua																	
											RESULTADOS DE ACCIÓN						
Artículo/Función	Modo Potencial de falla	Efecto(es) Potencia (es) de falla	SEVERIDAD	CLASIFICACIÓN	Causa(s) Potencial(es)/ Mecanismos de fallas	CURRRENCIA	Controles de Diseño Actuales Prevención	Controles de Diseño Actuales de Detección	DETECCIÓN	RPN	Accion(es) Recomendada(as)	Responsable y fecha,objetivo determinación	Acciones tomadas	SEVERIDAD	CURRRENCIA	DETECCIÓN	RPN
Zapatas de Frenos	Desgaste Acelerado de revestimiento de zapatas.	Efecto Local: Desalineamiento de Carga en elevacion. Efecto subconsecuente: Maniobra de Izaje en cada momento de deslize. Efecto Final: Zapatas de Freno Desgastadas.	6		Tolerancia/valores Objetivos Deslize de carga , Cristalizacion de Revestimiento . Falta de Limpieza. Bombin de Freno averiado. Reten hidraulico soplado.	5	.Izaje de Cargas tolerantes a la máquina. .Acoplamiento de Bombin de freno mas eficiente. .Mantenimiento ocasional a el tambor de freno.	.Inspección visual de posible deslize de carga. .Monitoreo del comportamiento del sistema de freno Hidraulico. .Chequeo de revestimiento de Zapatas en tiempo predeterminado.	5	150	Adaptar y remplazar el sistema de freno hidraulico, por un sistema de freno neumatico. Reparar y/o Cambiar elementos de poca fiabilidad del tambor de frenos.	Operadores y supervisore del area del Taller, ingenieros encargados.	Implementacion de un sistema de freno neumatico de un pulmon para la grua Nº2. Mantenimiento correctivo y Preventivo a los elementos con mayor desgaste del tambor de frenos.	2	2	4	16

Para calcular el RPN (Numero de Prioridad de riesgo), se halla: **Riesgo**= Severidad x Ocurrencia x Detección

Fuente: Elaboración propia

Diseño plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad que permita fomentar la credibilidad de las acciones tomadas

Como se verá en el transcurso del análisis, las causas más frecuentes de la no disponibilidad de estas grúas son los mantenimientos rutinarios (actualmente sobredimensionado) y las acciones correctivas mediante una falla crítica. Las pérdidas en la producción y fabricación de los proyectos a causa de la no disponibilidad del puente grúa.

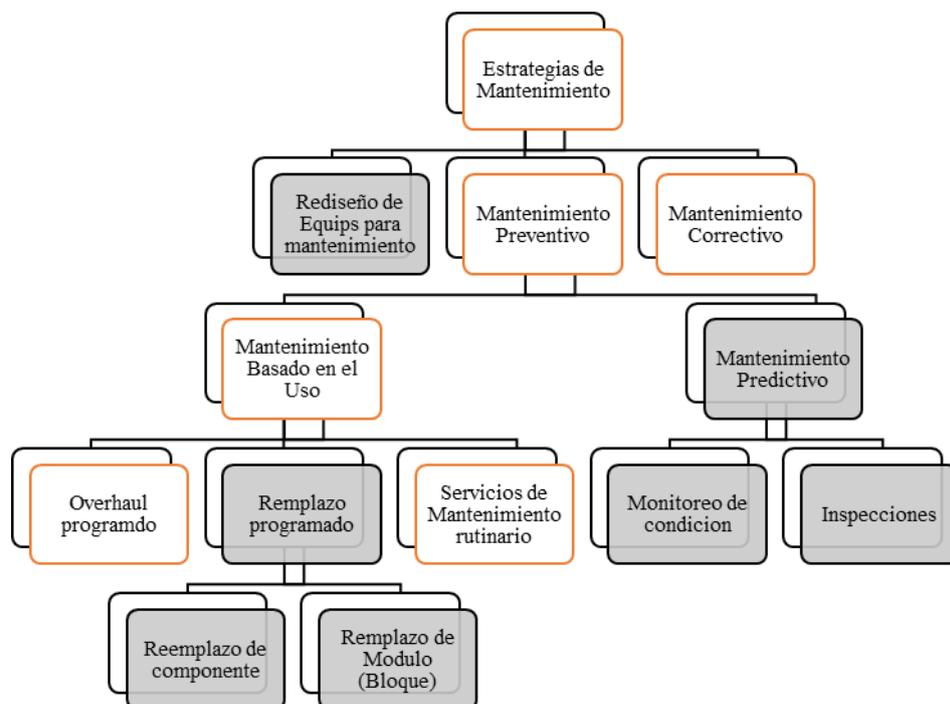


Figura 2: Estrategias de Mantenimiento
Fuente: Elaboración Propia

Se optó por desprender el tipo de mantenimiento y las acciones que podría adoptar la empresa para ponerlas en práctica, y son los siguientes: Mantenimiento Preventivo (Overhaul Programado y Servicios de Mantenimiento Rutinario) y Mantenimiento Correctivo.

Tabla 5
Programa de mantenimiento para Puente grúa

Descripción del trabajo	Duración	Taller	Inicio	Final	Pond.
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA PUENTE GRUA DE COMET S.R.L					
TRABAJOS PREVIOS	3 Días	-	03/01/2017	06/01/2017	-
Preparar asiento del operador	2 Días	TA-01	03/01/2017	05/01/2017	2
Preparar ruedas de mando y conducidas	3 Días	TR-01	03/01/2017	06/01/2017	2
Preparar materiales y herramientas	1 Días	TR-01	03/01/2017	04/01/2017	3
Preparar cabina del operador	2 Días	OC-02	03/01/2017	05/01/2017	3
INICIO DE PARADA DE GRUA 5	0 hrs	0			
TRABAJOS INICIALES	9,33 hrs		07/01/2017 - 8.00 AM	07/01/17 - 6,30 PM	-

Limpieza General. De plataformas, Trolley y Rail	1,5 hrs	L/P	07/01/2017 - 8.00 AM	07/01/2017 - 9.30 AM	4
Retirar Cable auxiliar largo este/norte	1 hrs	R/C	07/01/2017 - 9.30 AM	07/01/2017 - 10.30 AM	4
Retirar Cable auxiliar largo este/sur	1 hrs	R/C	07/01/2017 - 10.30 AM	07/01/2017 - 11.30 AM	4
Retirar Cable auxiliar largo oeste/norte	1 hrs	R/C	07/01/2017 - 11.30 AM	07/01/2017 - 12.30 AM	4
Retirar Cable auxiliar largo oeste/Sur	1 hrs	R/C	07/01/2017 - 12.30 PM	07/01/2017 - 1.30 PM	4
Retirar cable principal y pasteca	3,5 hrs	R/C	07/01/2017 - 2.30 PM	07/01/2017 - 6.00 PM	6
Desenergizar Grúa, poner candados y tarjetas de seguridad	33 min	R/C	07/01/2017 - 6.00 PM	07/01/2017 - 6.20 PM	5
REPARACION DE LA GRUA	6,17 Días		08/01/2017 - 8.00 AM	14/01/2017 - 12.00 PM	-
Desmontaje de Reductor Principal de Izamiento	10 hrs		08/01/2017 - 8.00 AM	08/01/2017 - 7.00 PM	4
Desmontaje de reductor auxiliar	8 hrs		08/01/2017 - 8.00 AM	08/01/2017 - 5.00 PM	4
Desmontaje de reductor de trolley	10 hrs		09/01/2017 - 8.00 AM	09/01/2017 - 7.00 PM	4
Cambiar Sellos de Reductor Principal de Izamiento	20 hrs		09/01/2017 - 8.00 AM	10/01/2017 - 7.00 PM	4
Cambiar Sellos de Reductor de Trolley	20 hrs		11/01/2017 - 8.00 AM	12/01/2017 - 7.00 PM	4
Alineamiento de Rail Horizontales de desplazamiento	48 hrs		11/01/2017 - 8.00 AM	16/01/2017 - 5.00 PM	6
Alineamiento de Reductor del Trolley	8 hrs		17/01/2017 - 8.00 AM	17/01/2017 - 5.00 PM	5
Adaptar un sistema de frenos Neumáticos, Pruebas	24 hrs		12/01/2017 - 8.00 AM	13/01/2017 - 9.00 PM	5

Fuente: Elaboración Propia

4. Discusión

Esta investigación se realizó con el propósito de identificar y describir las máquinas que presentaron mayor índice de criticidad de la empresa consorcio metal mecánico S.R.Ltda, se diagnosticó el índice de tiempo de producción perdida durante la falla de las maquinas críticas durante el tiempo estimado de 3 años, las fallas más frecuentes registradas fueron en los puentes grúa N°2 y N°5, se identificó los factores asociados a las fallas más comunes en los puentes grúa, como también mecanismos necesarios para mejorar el funcionamiento de la máquina y reducir el índice de fallas durante su uso.

Según Navarro en el 2010, el mantenimiento de maquinarias para la construcción y Montaje Industrial es un proceso crítico e importante en el caso específico de equipos de Izaje, ya que la operación de las grúas involucra riesgos y cuidados que se deben tener en cuenta en los Proyectos que se ejecutan, debemos optimizar los recursos existentes del área de mantenimiento para conseguir la máxima disponibilidad de la grúa, basando en mantenimientos adecuados y teniendo como la prioridad la seguridad del trabajador en la Empresa.(Abel navarro, 2010)

De los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se puede deducir y constatar la importancia que tiene prevenir las fallas inesperadas en las máquinas de izaje (puentes grúa) en los procesos de fabricación en la planta, ya que el peligro que existe durante la manipulación de cargas es alta, y podría generar accidentes graves, por ende es una de las razones de optimizar la disponibilidad operacional de estas máquinas. La exposición a peligros asociados a fallas inesperadas, el ser parte del equipo de trabajo que haya experimentado algún incidente o conocimiento de eventos más comunes que padece los puentes grúa, son tomadas en cuenta sin acciones previas, siguiendo con el uso a pesar de ello.

En los últimos 3 años, las averías en los puentes grúa N°2 y N° 5 han sido eventos recurrentes, en su mayoría inesperados que han afectado considerablemente al tiempo de fabricación de los proyectos, ya que éstas máquinas son utilizadas con mayor frecuencia por

estar ubicadas en la zona céntrica del taller. Además, siendo estos eventos los causantes de una tasa de pérdida económica considerable cada vez que ocurre.

Para llegar a condiciones de trabajo óptimo se tiene que tener en cuenta las recomendaciones y especificaciones del fabricante sobre el mantenimiento del equipo, para planificar las reparaciones e implementar el programa de mantenimiento preventivo de la grúa Puente. (Abel navarro, 2010)

Debido a que los puentes grúa fueron fabricados por la misma empresa Comet S.R.Ltda, no cuentan con especificaciones técnicas de mantenimiento establecidas, siguiendo actualmente un plan mantenimiento correctivo y preventivo para elementos más críticos que presentan fallas más comunes, para solución de ello se diseña el plan de mantenimiento preventivo basado en el uso y un plan de mantenimiento correctivo

5. Conclusiones

Las máquinas industriales que presentaron mayor índice de criticidad y fallas más frecuentes fueron los puentes grúa N° 2 y N°5.

Las fallas frecuentes generan una pérdida del tiempo de fabricación de 4.62%, y una pérdida en costos de producción de \$ 3530.1 dólares.

Se diseñó el plan de mantenimiento preventivo basado en el uso y un plan de mantenimiento correctivo.

Se definió el método de mantenimiento basado en la confiabilidad conformando equipos neutrales de trabajo y delegando secciones de trabajo, mediante la utilización del método árbol lógico de decisión.

6. Referencias

Resa C. F. (2011), "*Diseño y cálculo de grúa para almacén con capacidad para 5 Tn*", Tesis para optar al título Profesional de Ingeniero técnico Industrial, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, Octubre del 2011.

García S. (2012). Tipos de mantenimiento, Madrid 2012, [consulta 20 de mayo de 2016], Disponible en: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tiposdemantenimiento.html>

Puig E. (2013). Propiedad Intelectual. Mantenimiento e ingeniería de instalaciones industriales. Revista [en línea]. 6 de julio de 2013. [Fecha de Consulta: 27 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://puigenginyindustrial.blogspot.pe/2013/07/historia-del-mantenimiento-industrial.html>

Navarro A. (2010). "*Mejora de disponibilidad de una grúa telescópica de 50 Tn.*" Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. 2010. consulta: 24 de abril del 2016.