



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS CRÍTICAS DEL ÁREA DE
METALMECÁNICA DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.
APLICANDO LA METODOLOGÍA DE OPTIMIZACIÓN DEL
PLAN DE MANTENIMIENTO”**

Trabajo de integración curricular

TIPO: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTOR:

MAURICIO DAMIÁN BAYAS GUEVARA

DIRECTOR: Ing. CÉSAR MARCELO GALLEGOS LONDOÑO

Riobamba – Ecuador

2021

© 2020, Mauricio Damián Bayas Guevara

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, MAURICIO DAMIÁN BAYAS GUEVARA, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de noviembre de 2021

Mauricio Damián Bayas Guevara

C.C. 180472634-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular, tipo: Proyecto técnico, “**MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS CRÍTICAS DEL ÁREA DE METALMECÁNICA DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A. APLICANDO LA METODOLOGÍA DE OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**”, realizado por: **MAURICIO DAMIÁN BAYAS GUEVARA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
PhD. José Antonio Granizo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-09-03
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2021-09-03
Ing. Eduardo Hernández MIEMBRO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2021-09-03

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación y actualidad.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1 Análisis de la situación actual del plan de mantenimiento.....	5
2.2 Mantenimiento.....	6
2.2.1 <i>Función principal del mantenimiento en las industrias</i>	6
2.2.2 <i>Mantenimiento Preventivo</i>	7
2.2.2.1 <i>Mantenimiento Sistemático</i>	7
2.2.2.2 <i>Mantenimiento Basado en la Condición</i>	8
2.2.3 <i>Mantenimiento Correctivo</i>	10
2.3 Inventario técnico de activos.....	11
2.3.1 <i>Codificación técnica de activos</i>	12
2.4 Análisis de criticidad.....	13
2.4.1 <i>Método cualitativo</i>	13
2.4.1.1 <i>Propuesta para analizar la criticidad cualitativamente</i>	13
2.5 Metodologías de mantenimiento.....	14

2.5.1	<i>Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)</i>	15
2.5.2	<i>Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO)</i>	16
2.5.2.1	<i>Recopilación de tareas</i>	16
2.5.2.2	<i>Análisis de modos de falla (FMA)</i>	17
2.5.2.3	<i>Racionalización y revisión de modos de falla</i>	18
2.5.2.4	<i>Análisis funcional</i>	18
2.5.2.5	<i>Evaluación de consecuencias</i>	19
2.5.2.6	<i>Definición de la Política de Mantenimiento</i>	20
2.5.2.7	<i>Agrupación y revisión</i>	22
2.5.2.8	<i>Aprobación</i>	22
2.5.2.9	<i>Programa dinámico</i>	22
2.5.3	<i>Diferencias entre el RCM Y PMO</i>	22
2.6	Asignación de recursos para tareas de mantenimiento	23
2.6.1	<i>Causas de la existencia de inventarios de mantenimiento</i>	24
2.7	Capacitación	25

CAPÍTULO III

3.	OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	26
3.1	Descripción del área de metalmecánica de la empresa ECUATRAN S.A.	26
3.2	Evaluación del plan de mantenimiento vigente	26
3.2.1	<i>Ejecución de la evaluación</i>	27
3.3	Inventario y codificación técnica de activos	28
3.3.1	<i>Nivel uno</i>	28
3.3.2	<i>Nivel dos</i>	28
3.3.3	<i>Nivel tres</i>	29
3.3.4	<i>Nivel cuatro</i>	30
3.4	Análisis de los sistemas críticos	30
3.5	Ejecución de la Optimización del plan de mantenimiento	32
3.5.1	<i>Recopilación de tareas</i>	32
3.5.2	<i>Análisis de modo de falla (FMA)</i>	33
3.5.3	<i>Racionalización y revisión de modos de falla</i>	34
3.5.4	<i>Evaluación de consecuencias</i>	35
3.5.5	<i>Definición de la política de mantenimiento</i>	36
3.5.6	<i>Agrupación y revisión</i>	38
3.5.7	<i>Aprobación</i>	39
3.5.8	<i>Programa dinámico</i>	39

3.6	Asignación de recursos para tareas de mantenimiento.....	40
3.7	Capacitación.....	43

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS.....	44
4.1	Análisis del plan de mantenimiento vigente.....	44
4.2	Cuantificación de tareas del plan propuesto con relación al plan vigente.....	45
4.3	Presupuesto por rutinas de mantenimiento durante el año.....	46

	CONCLUSIONES.....	48
--	--------------------------	-----------

	RECOMENDACIONES.....	49
--	-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Preguntas de evaluación del plan de mantenimiento	5
Tabla 2-2: Niveles de referencia para evaluación	6
Tabla 3-2: Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo sistemático	8
Tabla 4-2: Estructura de codificación técnica hasta el nivel de equipos	12
Tabla 5-2: Propuesta para analizar la criticidad cualitativamente	14
Tabla 6-2: Recolección de tareas	17
Tabla 7-2: Descripción y codificación de modos de falla	17
Tabla 8-2: Identificación de modos de falla	18
Tabla 9-2: Organización y análisis de nuevos modos de falla	18
Tabla 10-2: Identificación de la función	19
Tabla 11-2: Identificación de las consecuencias	19
Tabla 12-2: Asignación de tareas de mantenimiento por modo de falla	21
Tabla 13-2: Asignación de recursos correspondiente a una tarea de mantenimiento	24
Tabla 14-2: Estados futuros de inventarios de mantenimiento	24
Tabla 1-3: Personal evaluado	26
Tabla 2-3: Evaluación del plan de mantenimiento	27
Tabla 3-3: Codificación planta	28
Tabla 4-3: Codificación áreas	28
Tabla 5-3: Codificación de máquinas del área de metalmecánica	29
Tabla 6-3: Codificación de equipos	30
Tabla 7-3: Evaluación de criticidad	31
Tabla 8-3: Recopilación de tareas preventivas	32
Tabla 9-3: Identificación de modos de falla	33
Tabla 10-3: Identificación de nuevos modos de falla	34
Tabla 11-3: Racionalización y revisión de modos de falla	34
Tabla 12-3: Evaluación de las consecuencias	35
Tabla 13-3: Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento	36
Tabla 14-3: Agrupación y revisión a rutina de 52 semanas	38
Tabla 15-3: Asignación de recursos a rutina de 52 semanas	41
Tabla 16-3: Personal capacitado	43
Tabla 17-3: Estructura de capacitación	43
Tabla 1-4: Resultados evaluación	44
Tabla 2-4: Costo hora hombre estimado	46
Tabla 3-4: Presupuesto anual del plan propuesto	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Mantenimiento basado en las condiciones	9
Figura 2-2. Reparación general basada en el tiempo	10
Figura 3-2. Clasificación sistemática de ítems según la norma ISO 14224	11
Figura 4-2. Descripción de niveles jerárquicos	12
Figura 5-2. Fuentes de información para el PMO	16
Figura 6-2. Tipos de consecuencia por fallo	19
Figura 7-2. Selección de actividades de mantenimiento	20
Figura 8-2. Diferencias en costos, tiempo y beneficios de RCM y PMO	23

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4. Resultados cuantitativos respecto a cada pregunta de la evaluación	45
Gráfico 2-4. Tareas para ejecutar por plan	45
Gráfico 3-4. Tipos de tareas definidas por cada plan	46

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TASA DE FALLAS ACUMULADA Y PARÁMETROS DE WEIBULL

ANEXO B: INVENTARIO Y CODIFICACIÓN TÉCNICA A NIVEL DE EQUIPOS

ANEXO C: RECOPIACIÓN DE TAREAS PREVENTIVAS

ANEXO D: IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLA POR TAREA DE
MANTENIMIENTO

ANEXO E: IDENTIFICACIÓN DE NUEVOS MODOS DE FALLA BASADO EN EL
HISTORIAL DE AVERÍAS

ANEXO F: RACIONALIZACIÓN Y REVISIÓN DE MODOS DE FALLA

ANEXO G: EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS POR MODO DE FALLA

ANEXO H: IDENTIFICACIÓN DE LAS NUEVAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

ANEXO I: DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE SUSTITUCIÓN ÓPTIMA

ANEXO J: AGRUPACIÓN Y REVISIÓN DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO

ANEXO K: INFORMACIÓN DE LA HERRAMIENTA PARA EL PLAN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO L: ASIGNACIÓN DE RECURSOS A NUEVAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

ANEXO M: INFORMACIÓN RESPECTO AL DESARROLLO DE LA CAPACITACIÓN

RESUMEN

El presente proyecto técnico es un mejoramiento del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas críticas del área de metalmecánica de la empresa ECUATRAN S.A. aplicando la metodología de Optimización del Plan de Mantenimiento, para lograr que el plan se ejecute de forma satisfactoria disminuyendo así la degradación acelerada de estas máquinas y obteniendo menores paros imprevistos para la producción. El primer paso para ello fue la ejecución de una evaluación sobre la situación en la cual se encuentra la información del plan de mantenimiento que es requerida para el desarrollo del proyecto. Luego, se realizó un inventario y codificación técnica de activos del área de metalmecánica, para posteriormente realizar un análisis de criticidad para determinar los sistemas críticos donde se va a aplicar la metodología PMO. En función de la metodología, se aplicaron nueve pasos: en el primero se recolecta las tareas de mantenimiento preventivas, segundo se identifica las causas del fallo para cada tarea, tercero se analiza nuevos modos de falla y se realiza un análisis sobre los modos de falla que deben ser prevenidos, cuarto se describe cual sería la pérdida de función al presentar cada fallo, quinto se evalúa las consecuencias por fallo, sexto se designa la tarea adecuada para cada modo de falla en relación a sus consecuencias, séptimo se agrupa las nuevas tareas de mantenimiento en base a su frecuencia, octavo la empresa revisa el nuevo plan para que éste sea aprobado, noveno corresponde a la adecuación de las tareas en una herramienta digital que permita una rápida y fácil gestión del plan de mantenimiento. Una vez definidas las nuevas tareas y rutinas de mantenimiento, se determinó la asignación de los recursos técnicos y económicos para su ejecución. Finalmente se capacitó al personal de mantenimiento para que la implementación del plan propuesto se desarrolle de forma correcta.

PALABRAS CLAVES: <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <OPTIMIZACIÓN>, <SISTEMAS CRÍTICOS>, <INVENTARIO Y CODIFICACIÓN TÉCNICA>, <MODOS DE FALLA>, <CONSECUENCIAS POR FALLO>, <ROUTINAS DE MANTENIMIENTO>, <RECURSOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS>.



2032-DBRAI-UPT-2021

ABSTRACT

This technical project is an improvement of the preventive maintenance plan for critical machines in the metalworking area of the company ECUATRAN S.A. applying the Optimization Maintenance Plan Methodology, to ensure that the plan is executed successfully, thus reducing the accelerated degradation of these machines and obtaining fewer unforeseen stoppages for production. The first step was the execution of an evaluation on the situation in which the information of the maintenance plan that is required for the development of the project is found. Then, an inventory and technical coding of assets in the metalworking area was carried out, to later carry out a criticality analysis to determine the critical systems where the PMO methodology will be applied. Depending on the methodology, nine steps were applied: the first collects the preventive maintenance tasks, the second identifies the causes of failure for each task, the third analyzes new failure modes and performs an analysis of the failure modes. that must be prevented, fourth describes what would be the loss of function when presenting each failure, fifth evaluates the consequences for failure, sixth designates the appropriate task for each failure mode in relation to its consequences, seventh the new tasks are grouped of maintenance based on its frequency, eighth the company reviews the new plan so that it is approved, ninth corresponds to the adequacy of the tasks in a digital tool that allows a quick and easy management of the maintenance plan. Once the new maintenance tasks and routines had been defined, the allocation of technical and financial resources for their execution was determined. Finally, maintenance personnel were trained so that the implementation of the proposed plan is developed correctly.

KEY WORDS: <MAINTENANCE PLAN>, <OPTIMIZATION>, <CRITICAL SYSTEMS>, <INVENTORY AND TECHNICAL CODING>, <FAILURE MODES>, <CONSEQUENCES OF FAILURE>, <MAINTENANCE ROUTINES>, <TECHNICAL AND FINANCIAL RESOURCES>.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de integración curricular se desarrolla un proyecto técnico para mejorar el plan de mantenimiento preventivo de los sistemas críticos del área de metalmecánica de la empresa ECUATRAN S.A. Mejora continua ha sido el principal distintivo de la empresa ya que lograr mejoras en aspectos de calidad como características generales de su producto ha sido una de sus más grandes prioridades, logrando así ser parte de la constante evolución tecnológica de la cual todos somos parte. La empresa cuenta con nueve áreas en planta encargadas de la construcción y mantenimiento de transformadores de distribución y de potencia que son de demanda nacional como internacional. Por consiguiente, lograr expandir su mercado ha requerido de la obtención de importantes certificaciones que permitan generar una mayor confianza y aceptación por parte de los clientes. La adopción de este tipo de certificaciones involucra realizar cambios significativos en la gestión y control de los recursos de la empresa como es el caso de la gestión de mantenimiento, por lo tanto, la empresa cuenta con un departamento mantenimiento que tiene a su cargo la toma de acciones técnicas, administrativas y de gestión para los activos físicos con los que cuenta la empresa. Para que la producción pueda alcanzar los requerimientos respecto a la demanda se necesita que la gran diversidad de sistemas del proceso se encuentre disponible, por tanto, el plan de mantenimiento es primordial para lograr que éstos se encuentren disponibles.

Todo activo con el tiempo sufre pérdidas de las capacidades para poder cumplir con la función requerida, por tanto, es necesario tomar medidas preventivas para reducir la degradación y obtener de éste un mayor tiempo para estar funcional. Estas medidas pueden estar en constante mejora por lo que se ha propuesto la optimización del plan de mantenimiento preventivo de los sistemas críticos del área de metalmecánica para así lograr que éstos sean más fiables y tengan una mayor disponibilidad.

Para lograr mejorar el plan de mantenimiento para estos sistemas se utiliza la metodología de Optimización del Plan de Mantenimiento PMO propuesta por Steve Turner. Ésta tiene los principios del Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad RCM, pero a diferencia de que ésta se aplica a sistemas nuevos o complejos y el PMO a sistemas que ya se encuentran en funcionamiento. Esto se da porque la metodología del PMO parte de la información de un plan de mantenimiento ya establecido y el RCM parte de las funciones y fallas funcionales para que a partir de ello se desarrolle un estudio sin la necesidad de contar con algún tipo de información respecto a las actividades de mantenimiento. El PMO permite que las tareas de un plan de mantenimiento preventivo que sirven para prevenir el mismo modo de falla se eliminen y las que hagan falta se añadan.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

ECUATRAN S.A., es una industria nacional constituida en el país el 16 de agosto de 1979, la misma que durante todo este tiempo ha ido mejorando e incrementando la producción de transformadores de potencia y distribución de energía eléctrica, de esta manera ha podido generar nuevas fuentes de trabajo y proporcionando un importante desarrollo para el sector donde se sitúa (Nauque, 2017, p.8).

Esta empresa se ubica en el cantón Ambato de la provincia de Tungurahua y es pionera en la construcción de transformadores de energía eléctrica como en la proporción de servicios, diseño y mantenimiento de éstos. La empresa tiene como finalidad el facilitar el uso de energía mediante productos de calidad y el ofrecimiento de servicios y soluciones de acuerdo con las necesidades de cada cliente (Nauque, 2017, p.9).

La empresa para satisfacer el cumplimiento de la producción requerida en cuanto a la demanda necesita principalmente que los activos físicos requeridos para el proceso de producción se encuentren disponibles. Lograr que esta capacidad satisfaga los requerimientos de producción requiere que las máquinas del proceso no tengan paradas imprevistas por lo que se ha implantado el departamento de mantenimiento encargado del control y mantenimiento de los activos. Este departamento ha elaborado un plan de mantenimiento preventivo predeterminado generado en base a manuales técnicos de cada sistema. Este plan al momento actual y desde el punto de vista del personal de mantenimiento necesita una optimización debido a que no resulta efectivo, porque no ha logrado cumplir en su totalidad con su propósito que es el de proveer máquinas muy confiables y con una disponibilidad alta.

1.2 Justificación y actualidad

El propósito de este trabajo es que como estudiante de la carrera de Mantenimiento Industrial se logre una mejora del plan de mantenimiento preventivo de las máquinas críticas del área de metalmecánica de la empresa ECUATRAN S.A. mediante la metodología de optimización del plan de mantenimiento. Esto hará posible que, al producirse una futura correcta implementación de este plan mejorado para los sistemas críticos del área de metalmecánica de la planta, se logre

alcanzar un alto cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad y evitar la presencia de paradas imprevistas que provocan pérdidas de producción y una baja rentabilidad económica para la empresa.

La presencia de tareas de mantenimiento preventivas innecesarias o repetitivas en cuanto a que están dispuestas para atacar al mismo modo de fallo, provocando de esta manera un incumplimiento o falta de eficacia en la programación de mantenimiento preventivo para cada sistema crítico de esta área. Por otro lado, también hacen falta analizar nuevas tareas preventivas para combatir modos de fallo aun sin atacar.

Las actividades de mantenimiento preventiva para los sistemas críticos de la empresa ECUATRAN S.A. obtendrán una mejora, además permitirá un correcto manejo logístico de repuestos y materiales como la posibilidad de obtener un eficiente aprovechamiento de las horas hombre de trabajo de los técnicos de mantenimiento proporcionando un mantenimiento más eficiente y proactivo.

1.3 Planteamiento del problema

El plan de mantenimiento que dispone la empresa para el desarrollo de sus actividades de mantenimiento preventivo presenta desaciertos en su efectividad, debido a que solo logra alcanzar el 70% de su cumplimiento. Esta falta de cumplimiento produce que no sea posible atacar a todos los modos de fallo, por lo que la degradación y vida útil de los activos es elevada provocando mayores paros imprevistos y pérdidas de producción en la planta. Es por esto por lo que el problema principal se encuentra en la falta de una mejora del plan de mantenimiento preventivo, para que se pueda obtener un cumplimiento satisfactorio y poder atacar a todos los modos de fallo que presentan los sistemas críticos.

Un plan de mantenimiento preventivo que no logra obtener un cumplimiento satisfactorio en su ejecución programada genera sistemas con una baja confiabilidad que pueden llegar a ocasionar accidentes laborales, daños en la infraestructura, pérdidas de producción, tiempos improductivos de operarios, retrasos en la entrega de productos o servicios y baja calidad de éstos, entre otros.

Es por esto por lo que de la implementación correcta del plan de mantenimiento preventivo en las industrias depende significativamente que la producción se encuentre operativa al 100% de la capacidad instalada de la planta. Esto debido a que al realizar una correcta aplicación de éste se podrá lograr evitar las paradas imprevistas y solo se tendrá las paradas destinadas a reemplazo de elementos que han finalizado su ciclo de vida útil (González, 2012, p.224).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Mejorar el plan de mantenimiento preventivo de las máquinas críticas del área de metalmecánica de la empresa ECUATRAN S.A. aplicando la metodología de optimización del plan de mantenimiento (PMO).

1.4.2 Objetivos específicos

Evaluar el plan de mantenimiento vigente de la empresa.

Elaborar el inventario jerárquico de máquinas del área de metalmecánica y determinar los sistemas críticos con la metodología análisis de criticidad cualitativo.

Optimizar el plan de mantenimiento preventivo mediante la metodología de Optimización del Plan de Mantenimiento.

Determinar la logística para la ejecución de cada una de las tareas de mantenimiento del plan mejorado.

Capacitar al personal del departamento de mantenimiento para que se realice una correcta ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Análisis de la situación actual del plan de mantenimiento

En toda industria es importante lograr una alta eficiencia para la gestión y control de todos sus recursos, por esto es esencial desarrollar una evaluación que permita detectar debilidades y poder desarrollar mejoras. Por lo tanto, como primer paso es importante realizar una evaluación donde se encuentre determinada la situación en la cual se encuentra el plan de mantenimiento preventivo, para posteriormente se desarrolle la mejora de éste mediante la metodología PMO.

La evaluación se establece mediante una entrevista con 13 preguntas dirigidas hacia el personal de mantenimiento y se detallan en la tabla 1-2. Estas preguntas permiten evaluar criterios relacionados con el manejo de inventarios, análisis de modos de falla, documentación técnica, planificación de mantenimiento, herramientas y equipos de protección personal.

Tabla 1-2: Preguntas de evaluación del plan de mantenimiento

N°	Descripción
1	¿Se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo actual?
2	¿La programación del mantenimiento preventivo se ejecuta al cien por ciento?
3	¿Los activos de la empresa tienen una codificación técnica para mantenimiento?
4	¿El personal de mantenimiento recibe frecuentes y efectivas capacitaciones?
5	¿El manejo del inventario de bodega es el adecuado?
6	¿Se dispone de una cantidad óptima de stock de repuestos?
7	¿El número de empleados con los que se cuenta en el departamento de mantenimiento es el adecuado?
8	¿Se desarrollan actividades de mantenimiento autónomo?
9	¿Las actividades de mantenimiento se desarrollan con el debido equipo de protección personal?
10	¿Las actividades de mantenimiento se realizan con herramientas y equipos especializados?
11	¿Existe documentación de los activos correspondiente a manuales del fabricante?
12	¿Existe datos sobre el historial de fallos de las máquinas?
13	¿Se realiza un estudio de los modos de falla?

Fuente: (Mayorga y Olmedo 2019, p. 27)

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Para el desarrollo de esta evaluación se precisa la necesidad de definir niveles de referencia que permitan categorizar todos los resultados con una calificación efectiva y estandarizada, por lo tanto, en la tabla 2-2 se muestra los niveles de referencia aplicados para la evaluación de un plan de mantenimiento.

Tabla 2-2: Niveles de referencia para evaluación

Calificación	Cualificación	Códigos de colores
>80% y ≤100%	Excelente	
>60% y ≤80%	Bueno	
>50% y ≤60%	Poco aceptable	
≤50%	No aceptable	

Fuente: (Capelo 2017, p. 32).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.2 Mantenimiento

En las industrias el mantenimiento es sino una de las partes más importantes e indispensables para que pueda ser factible obtener una producción continua y satisfactoria. Es por esto por lo que del presupuesto total destinado a la producción una gran parte va dirigida para el área de mantenimiento. Debido a esto no es permisible que éste presupuesto vaya a ser reflejado con un personal de mantenimiento no calificado en relación con la función desempeñada, para que todas las acciones que se establezcan durante sus funciones se puedan cumplir de la manera más adecuada y óptima (Medrano et al., 2017: p.10).

El mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida (UNE-EN 13306, 2018: p.6).

Junto con la evolución industrial también se han evolucionado las prácticas de mantenimiento, pasando de actividades puramente correctivas a actividades preventivas predeterminadas o basadas en la condición. Éstas nuevas prácticas de mantenimiento junto con herramientas estadísticas, indicadores y nuevas metodologías de mantenimiento han posibilitado la obtención de máquinas más confiables y con una alta disponibilidad.

2.2.1 Función principal del mantenimiento en las industrias

En las industrias una de las principales prioridades es la de preservar en perfectas condiciones de funcionamiento los activos físicos de la misma, de tal manera que no se generen paradas

imprevistas que ocasionan retrasos y pérdidas en la producción y de ser el caso de que éstas se presenten de una forma inevitable se puedan dar solución de una forma rápida y correcta. Todas las empresas cuentan con activos físicos en los cuales se precisa realizar prácticas de mantenimiento para obtener una buena conservación de éstas y es por esto por lo que no importa la magnitud o tamaño de éstas para que se necesite contar con una adecuada área de mantenimiento (Medrano et al., 2017: p.11).

2.2.2 *Mantenimiento Preventivo*

Éste es un mantenimiento llevado a cabo para evaluar y/o mitigar la degradación y reducir la probabilidad de fallo de un elemento (UNE-EN 13306, 2018: p.16).

Esta actividad de mantenimiento es realizada antes de la ocurrencia de los fallos y de acuerdo con frecuencias preestablecidas o basadas en el estado en el que se presenta cada activo físico. Este tipo de mantenimiento tiene como finalidad el lograr reducir la aparición de las paradas imprevistas y la degradación de elementos, así logrando mantener la fiabilidad intrínseca de cada activo físico.

La vida útil que representa a cada elemento ya sea ésta relacionada con la marca o por el año de fabricación, puede requerir cambios en la frecuencia para su reemplazo debido a que sus características de construcción pueden sufrir cambios y por ende su vida útil también tendrá un cambio significativo de mejora o pérdida de calidad que debe ser tomado en cuenta (González, 2012, p.229).

2.2.2.1 *Mantenimiento Sistemático*

Este tipo de mantenimiento también es conocido como mantenimiento predeterminado. Se define como el mantenimiento preventivo que se realiza de acuerdo con intervalos de tiempo establecidos o con un número definido de unidades de funcionamiento, pero sin análisis previo de la condición del elemento (UNE-EN 13306, 2018: p.16).

Las actividades que se realizan en este tipo de mantenimiento tienen una frecuencia de ejecución preestablecida que se puede determinar en base a manuales del fabricante, experiencia del personal de operación y mantenimiento o herramientas estadísticas que evalúan los datos obtenidos de históricos de falla, para a partir de ello establecer una frecuencia de acuerdo con el contexto operacional de cada activo. En la tabla 3-2 se muestran las ventajas y desventajas que tiene este tipo de mantenimiento.

Tabla 3-2: Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo sistemático

Mantenimiento Preventivo Sistemático	
Ventaja	Proporciona sistemas con una gran confiabilidad operacional y de seguridad para cumplir con la función requerida por la empresa, debido a que se logrará prevenir en mayor medida la presencia de fallos imprevistos en los mismos
Desventaja	El problema que tiene este tipo de mantenimiento es que se puede llegar a reemplazar activos que aún pueden seguir cumpliendo con la función requerida, debido a que la vida útil de éstos aún no se ha terminado

Fuente: (González, 2012, p.229).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Un mantenimiento preventivo sistemático puede contar con diferentes actividades al momento de su ejecución y entre las principales se encuentra la limpieza, inspección y revisión, ajuste o calibración, cambio de piezas y lubricación que son analizadas a continuación (Medrano et al., 2017: p.68):

- **Limpieza:** Acción de eliminar las impurezas que se presentan en los activos físicos que pueden llegar a ocasionar un inadecuado funcionamiento.
- **Inspección y revisión:** Método que requiere del uso de los sentidos o de equipos especializados, con el propósito de determinar cambios significativos en la función requerida de los activos físicos.
- **Ajuste o calibración:** Acción de devolver las características mecánicas de ajuste y configuración necesarias para el buen funcionamiento, debido a que éstas sufren cambios por la operación normal de los sistemas o elementos.
- **Cambio de piezas:** Sustitución de elementos que han cumplido con su vida útil a otros nuevos que tengan características similares.
- **Lubricación:** Reemplazar o completar aceites o grasas a periodos preestablecidos por los manuales del fabricante o también tomando en cuenta la experiencia del personal de mantenimiento.

2.2.2.2 *Mantenimiento Basado en la Condición*

Es un tipo de mantenimiento preventivo que incluye una combinación de la evaluación de las condiciones físicas, el análisis y las posibles acciones de mantenimiento posteriores (UNE-EN 13306, 2018: p.16).

Este mantenimiento se caracteriza principalmente por la necesidad de evaluar la condición en la cual se presenta un activo físico para posterior a esto, ejecutar una evaluación para la determinación de las actividades a tomar. Estas actividades de mantenimiento deben ser realizadas por personal capacitado, ya sea en base a los sentidos (olfato, gusto, vista, tacto, oído) o a equipos especializados de (termografía, análisis de vibraciones, análisis de aceites, ultrasonidos, etc.). En base a los sentidos no se puede detectar fallos potenciales incipientes o pronosticar la evolución de éstos, a diferencia de realizarlos con equipos especializados que se podrá detectar fallos potenciales incipientes y a su vez poder realizar pronósticos sobre la evolución de éstos para planear acciones de mantenimiento preventivas.

La ejecución de éste mantenimiento permite obtener sistemas más fiables y seguros, además permite aprovechar al máximo la vida útil de los activos físicos siendo esta la principal ventaja respecto a los otros tipos de mantenimiento (González, 2012, p.231).

En la figura 1-2 y figura 2-2 se ilustran los momentos acerca de cuándo se es factible aplicar el mantenimiento basado en las condiciones o el mantenimiento basado en el tiempo respectivamente (Duffuaa et al., 2000: p.79).

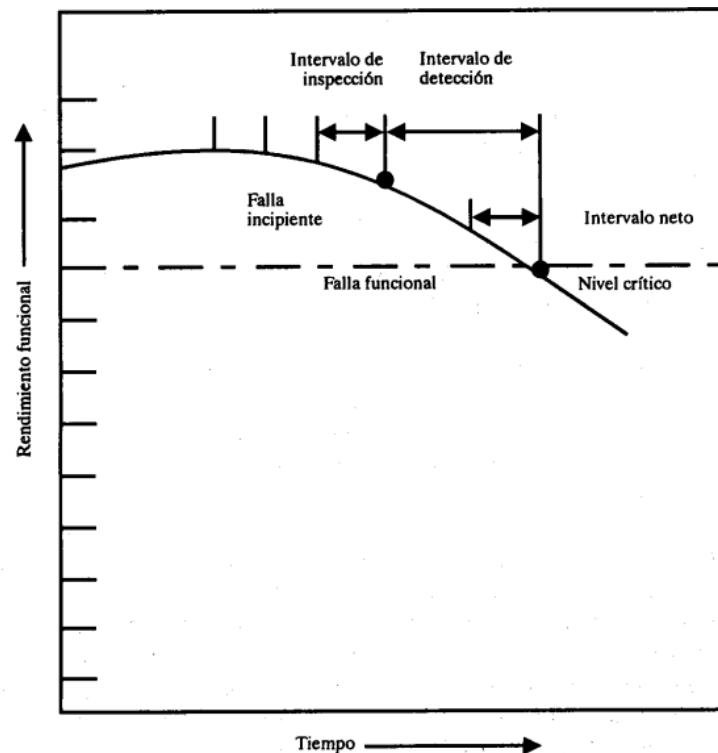


Figura 1-2. Mantenimiento basado en las condiciones

Fuente: (Duffuaa et al., 2000: p.80)

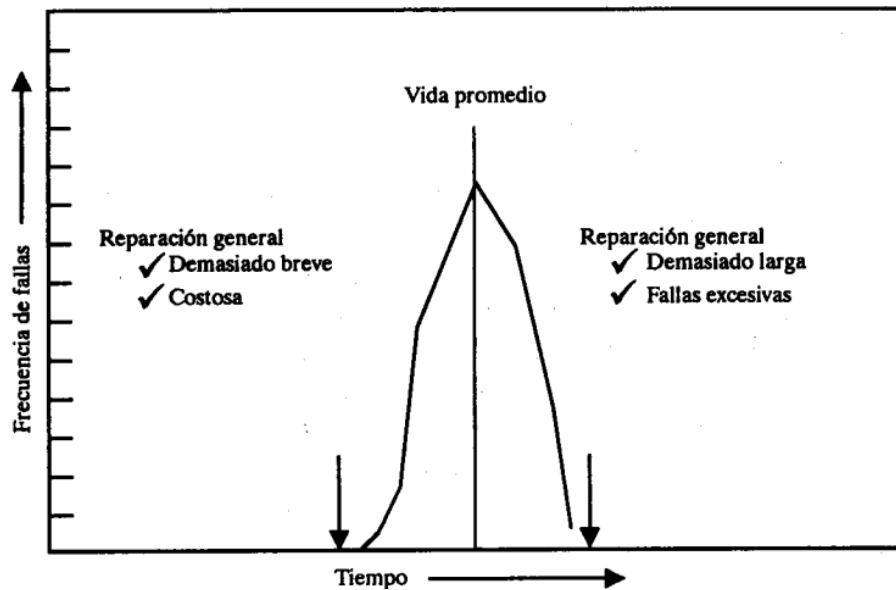


Figura 2-2. Reparación general basada en el tiempo

Fuente: (Duffuaa et al., 2000: p.80)

2.2.3 *Mantenimiento Correctivo*

Es un tipo de mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida (UNE-EN 13306, 2018: p.17).

Este mantenimiento fue uno de los primeros en aparecer para las industrias debido a que en un principio solo se practicaban reparaciones o correcciones de elementos después de haberse presentado una avería, esto con la finalidad de devolver de nuevo la funcionalidad del activo averiado. El mantenimiento correctivo se subdivide en correctivo diferido y correctivo inmediato, el primero ésta caracterizado porque se realiza de acuerdo con un periodo que se establece después de haberse presentado una avería ya sea por la falta de disponibilidad de repuestos, materiales o la baja prioridad del activo y el segundo se realiza inmediatamente después de haberse presentado la avería.

Toda industria tiene que tomar en cuenta principalmente que el mantenimiento correctivo debe tener un mínimo porcentaje en su aplicación consiguiendo que solo se vayan a ejecutar las actividades estrictamente necesarias, esto respecto al tiempo de aplicación del mantenimiento preventivo. Por lo tanto para la realización del mantenimiento correctivo es necesario el conseguir un tiempo corto de ejecución en cada una de sus actividades, por lo que es importante el contar con un personal calificado y capacitado que sea capaz de realizar éstas actividades de una forma segura y eficiente (Medrano et al., 2017: p.29).

2.3 Inventario técnico de activos

En una empresa es de suma importancia el contar de una forma jerarquizada y organizada la lista de activos con las que ésta cuenta, de tal manera que sea óptimo poder realizar todas las actividades técnicas y administrativas del plan de mantenimiento o de la gestión propia de los activos (Mayorga y Olmedo 2019, p.10).

El nivel de jerarquización se establece en base a las necesidades y complejidad de los activos fijos que presenta cada industria, por lo tanto existe diversas formas para establecer éstos niveles de jerarquización y uno de ellos se propone en la norma (ISO 14224, 2016, p.30) que se categoriza en 9 niveles de los cuales del nivel 1 al 5 están relacionados con el tipo de industria y del nivel 6 al 9 están relacionados directamente con el tipo de equipo. En la figura 3-2 se muestran los nueve niveles correspondientes a esta norma.

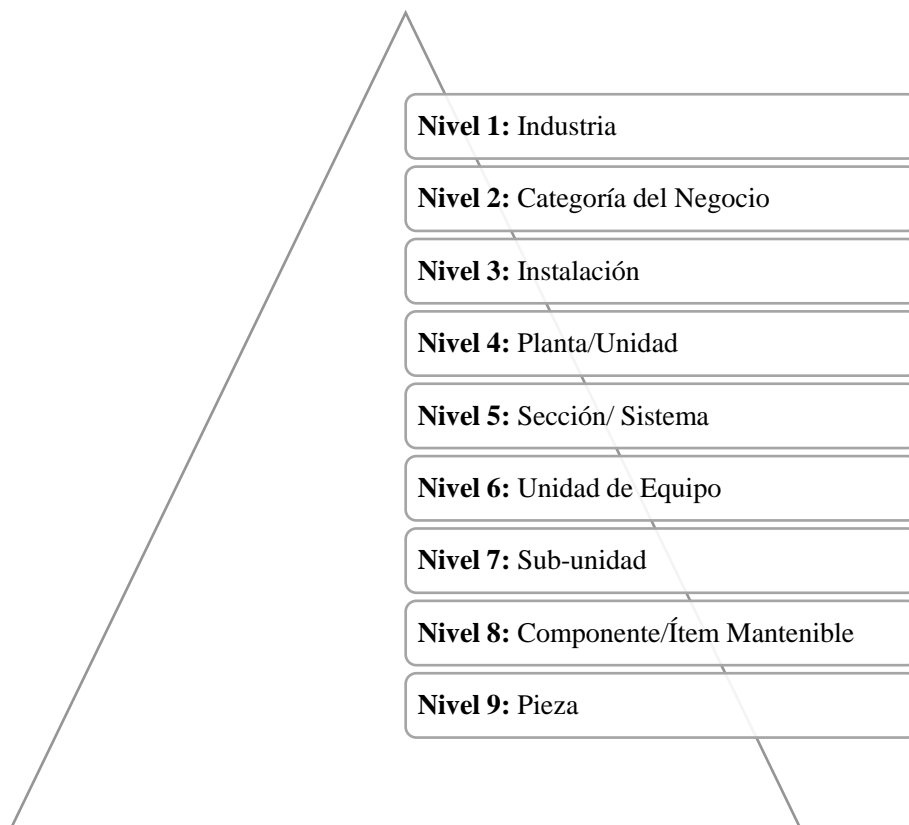


Figura 3-2. Clasificación sistemática de ítems según la norma ISO 14224

Fuente: (ISO 14224, 2016, p.30).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021

Para la realización de este inventario técnico de activos se establece un análisis de cuatro niveles jerárquicos que va desde el nivel cuatro de planta hasta el nivel siete de equipos o subunidad. En la figura 4-2 se describe el concepto de cada uno de los 9 niveles de jerarquización.

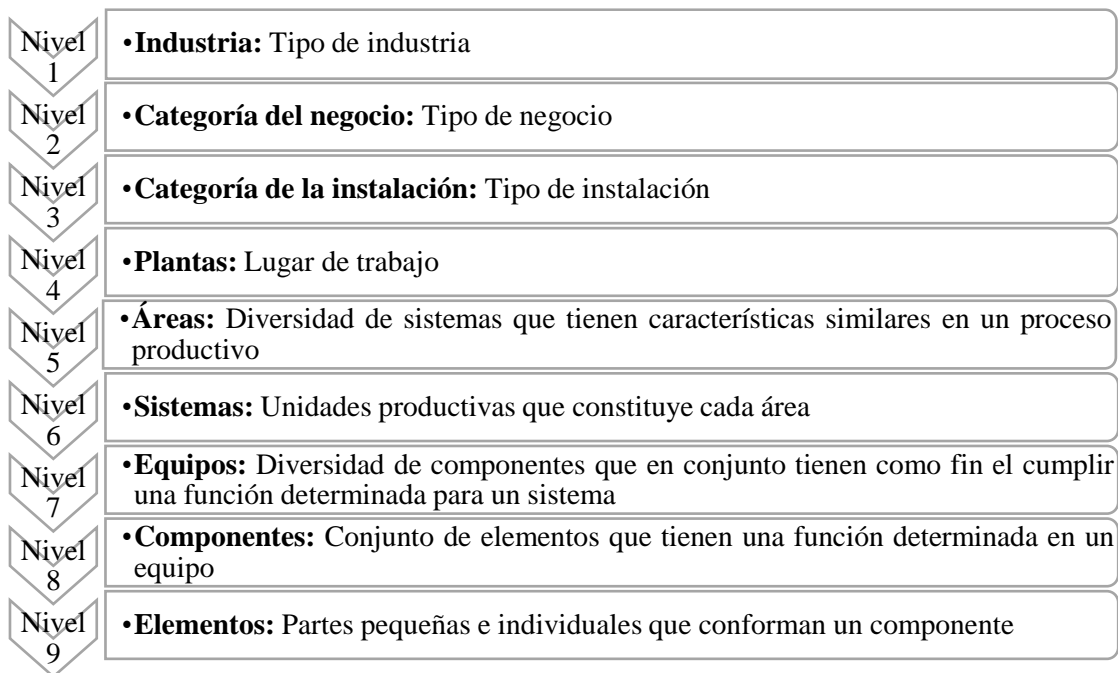


Figura 4-2. Descripción de niveles jerárquicos

Fuente: (ISO 14224, 2016, p. 39).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.3.1 Codificación técnica de activos

Luego de tener un listado de los activos físicos se procede a realizar una codificación técnica a cada uno de éstos. Esto permite obtener una eficiencia en el manejo de información y la localización de cada activo físico que cuenta cada industria (García, 2003, p.13).

Esta codificación puede tener una estructura del tipo alfanumérico o alfabético para dar la posibilidad de aportar información relevante y acorde a las características de cada industria ya sean éstas, cualitativas como cuantitativas para todos los activos físicos. La estructura de codificación que va desde el nivel de áreas hasta equipos se presenta en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Estructura de codificación técnica hasta el nivel de equipos

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Planta	Área	Sistema	Equipo
Dos caracteres alfabéticos	Dos caracteres alfabéticos	Cuatro caracteres, dos alfabéticos y dos numéricos	Cinco caracteres, tres alfabéticos y dos numéricos El primero hace referencia al tipo de equipo (eléctrico, mecánico, instrumental)
EC	MM	EC01	EME01
ECUATRAN S.A.	Metalmecánica	Elevador de cangilones	Motor eléctrico

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.4 Análisis de criticidad

La aplicación de un análisis de criticidad permite obtener una jerarquización de importancia de los sistemas más críticos en base a las consecuencias que éstos originan al presentarse los fallos. El análisis se puede realizar a nivel de áreas, sistemas o equipos que tenga una industria para así poder agruparlos y gestionarlos de acuerdo con el nivel de criticidad de cada uno de éstos (Hourné et al. 2012, p.57).

2.4.1 Método cualitativo

Este método permite realizar una evaluación de una forma cualitativa de los efectos que producen los fallos de los activos; respecto a atributos como la seguridad, medio ambiente, calidad, entre otros. A continuación, se detalla el modelo propuesto por García para la realización de un análisis de criticidad cualitativo.

2.4.1.1 Propuesta de análisis de criticidad cualitativo

La tabla 5-2 presenta un modelo que permite evaluar cualitativamente la criticidad tomando en cuenta atributos como seguridad y medio ambiente, producción, calidad y mantenimiento. La respuesta más crítica que arroje el análisis en todos los atributos antes mencionados será considerada como el nivel de criticidad definido para cada activo, ya sea esté crítico, importante o prescindible (García, 2003, p.24-26).

Los niveles de importancia contemplados para este análisis de criticidad son los siguientes (García, 2003, p.24):

- **Equipos críticos:** Representa a los activos que, al presentar alguna parada imprevista o un inadecuado funcionamiento, presentan una gran afección a los resultados esperados por la organización.
- **Equipos importantes:** Representa a los equipos que, al presentar una parada imprevista o inadecuado funcionamiento, perjudica a la organización con consecuencias de forma asumible.
- **Equipos prescindibles:** Representa a los equipos que, al presentar una parada imprevista o inadecuado funcionamiento, no perjudica a la organización. Esto supone a consecuencias nada afectivas para la organización.

Tabla 5-2: Propuesta para analizar la criticidad cualitativamente

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

Fuente: (García, 2003, p.25).

2.5 Metodologías de mantenimiento

Generar un cambio de actitud y cultura en una industria es el paso principal para lograr que la gestión de mantenimiento se encuentre a un nivel de clase mundial, partiendo por la obtención de una prevención y programación de mantenimiento de alta eficiencia, que se sustenta significativamente por elaborar una correcta gestión de activos físicos que va a estar orientada por las metas y los objetivos que se han propuesto en la planificación estratégica del departamento de mantenimiento (Villacís, 2017, p.9).

En la evolución de la gestión de mantenimiento se han desarrollado propuestas de metodologías que permiten garantizar procesos productivos con sistemas más confiables y seguros en las industrias. Entre las metodologías más importantes se encuentra al PMO Optimización del plan de mantenimiento, TPM Mantenimiento Productivo Total y el RCM Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

2.5.1 *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*

El mantenimiento centrado en la fiabilidad (reliability centered maintenance RCM) se origina durante los años sesenta y setenta como respuesta a la baja disponibilidad de los activos, excesivos costos en el área de mantenimiento y un bajo cumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo, entre otros (Cárcel, 2016, p.73).

Esta metodología sirve para la determinación de las actividades que se tienen que ejecutar para lograr que los activos físicos puedan continuar desarrollando la función que el propietario desea que realice, respecto al contexto operacional en el cual se encuentre (Moubray, 2004, p.11).

La planificación realizada por producción plantea directamente las necesidades que tendrá cada activo físico de estar disponible y en base a esto la metodología utiliza la experiencia del personal de mantenimiento y de operación para lograr alcanzar el cumplimiento de esta planificación. Esta metodología es adecuada para implementarse en sistemas complejos donde se pueden presentar graves consecuencias por fallo a la seguridad, medio ambiente y rentabilidad económica de la empresa (Cárcel, 2016, p.71).

En el proceso para desarrollar la implementación del RCM se propone siete preguntas sobre los activos que son la parte clave para la correcta aplicación de ésta metodología, éstas son según (Moubray, 2004, p.11):

1. ¿Funciones y parámetros de funcionamiento del activo físico respecto a su contexto operacional?
2. ¿En qué aspecto falla al no cumplir dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué ocurre cuando se produce cada falla?
5. ¿En qué sentido afecta cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Cuáles son las medidas a tomar o que se debe hacer si no se ha encontrado el plan de acción apropiado?

2.5.2 Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO)

El PMO es una técnica que se originó de las bases del Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, esta técnica utiliza la información vigente del plan de mantenimiento y la información que cuenta cada activo físico en relación con sus tareas y modos de fallo, para detectar falencias y proporcionar soluciones a éstas (Mayorga y Olmedo 2019: p.10-11).

2.5.2.1 Recopilación de tareas

Esta metodología tiene como primer paso la toma de datos sobre las tareas que se ejecuta en el Mantenimiento preventivo para posteriormente guardarlo en un documento digital. Las industrias tienen diferentes maneras de manejar el mantenimiento preventivo, en algunos casos se tienen la información correspondiente previa para la ejecución de cada tarea y en otros éstas simplemente se aplican por experiencia de cada uno de los técnicos de mantenimiento. De presentarse este último caso se tomará la información de acuerdo con lo que los técnicos han estado ejecutando en los preventivos (Turner 2009, p.9).

Las industrias en su totalidad ejecutan alguna técnica de mantenimiento preventivo sin embargo es posible encontrarse con alguna que no ejecute ninguna practica de mantenimiento preventivo, por lo tanto, no se contara con ningún tipo de información al respecto. Por tal motivo en la figura 5-2 se muestran algunas de las fuentes de información donde se podrá encontrar las tareas de mantenimiento preventivas.

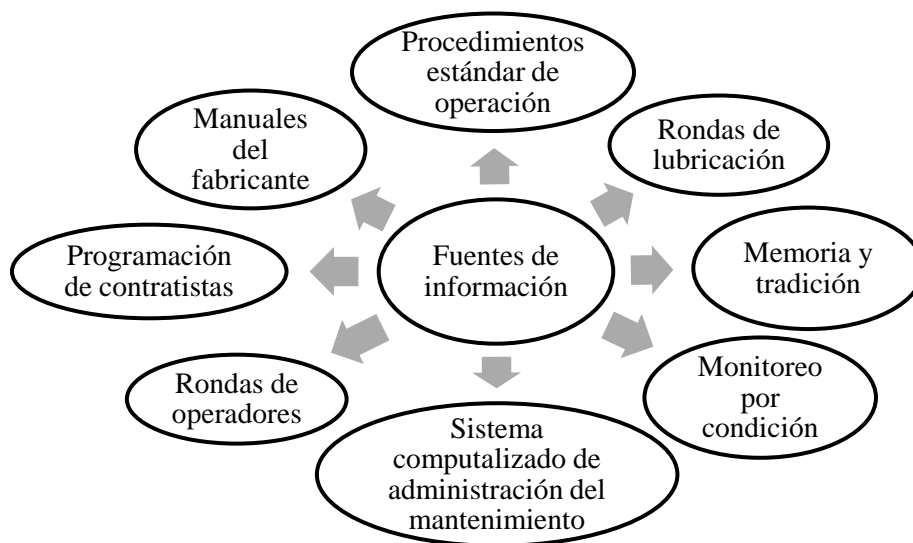


Figura 5-2. Fuentes de información para el PMO

Fuente: (Turner, 2009, p.9).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

En la tabla 6-2 se presenta un formato donde se organiza la información recolectada sobre cada tarea de mantenimiento preventiva con su respectivo periodo de planificación y el ejecutor de cada una de las mismas.

Tabla 6-2: Recolección de tareas

Tarea	Frecuencia	Responsable
Tarea 1	Semestral	Operador
Tarea 2	Mensual	Electricista
Tarea 3	Anual	Operario
Tarea 4	Quincenal	Electricista
Tarea 5	Semanal	Electromecánico
Tarea 6	Anual	Mecánico

Fuente: (Turner, 2009, p.10).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.5.2.2 *Análisis de modos de falla (FMA)*

Un modo de falla describe las maneras en que un componente puede ocasionar una pérdida de función. Un componente podría presentar uno o varios modos de falla (Rodrigo, 2005, p.667).

El propósito de este apartado es la determinación de los modos de falla para cada una de las tareas de mantenimiento preventivas. Es decir, separa cada tarea para su respectivo modo de falla al cual va a atacar. Para realizar este análisis es necesario contar con un equipo especializado que tenga experiencia sobre el tema y permita obtener buenos resultados (Turner 2009, p.10).

Los modos de falla deben tener en su descripción el detalle necesario como para permitir una selección correcta de la estrategia de manejo de falla (Moubray, 2004, p.53). En la tabla 7-2 se presenta la estructura y un ejemplo de descripción de los modos de falla.

La codificación de los modos de falla permite agilizar el proceso para estudio y racionalización de éstos. Por lo tanto, en la tabla 7-2 se presenta la propuesta de la norma (ISO 14224, 2016, p.181) sobre la estructura para la codificación de modos de falla.

Tabla 7-2: Descripción y codificación de modos de falla

Modos de falla			
Estructura	Ejemplo	Código	Estructura
¿Sustantivo, verbo y descripción del por qué ocurre?	La válvula se atasca cuando está cerrada por oxido en el tornillo superior.	VAO	Tres caracteres alfabéticos

Fuente: (Moubray, 2004, p.54).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Para la recolección e identificación de los modos de falla se presenta el formato de la tabla 8-2 donde se tiene la tarea de mantenimiento, frecuencia de ejecución, responsable y modo de falla.

Tabla 8-2: Identificación de modos de falla

Tarea	Frecuencia	Responsable	Modos de falla
Tarea 1	Diario	Operador	Falla A
Tarea 2	Diario	Operador	Falla B
Tarea 3	6 meses	Instalador	Falla C
Tarea 4	7 meses	Instalador	Falla A
Tarea 5	Anual	Electricista	Falla B
Tarea 6	Semanal	Operador	Falla C

Fuente: (Turner, 2009, p.10).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.5.2.3 *Racionalización y revisión de modos de falla*

Luego de tener los modos de fallo definidos para cada tarea de mantenimiento preventiva se procede a organizar y clasificar todos por modos de falla repetidos como se puede observar en la tabla 9-2 de tal manera que se pueda distinguir fácilmente las tareas de mantenimiento que están previniendo al mismo modo de falla. Luego de esto se debe analizar ya sea los datos del historial de fallas o la información de la experiencia de los técnicos, con el fin de encontrar modos de fallo en cada activo físico que aún no tenga su respectiva tarea de mantenimiento para prevenirla (Turner 2009, p. 10).

Tabla 9-2: Organización y análisis de nuevos modos de falla

Tarea	Responsable	Modos de falla
Tarea 1	Operador	Falla A
Tarea 4	Instalador	Falla A
Tarea 7	Mecánico	Falla A
Tarea 2	Operador	Falla B
Tarea 5	Electricista	Falla B
Tarea 3	Instalador	Falla C
Tarea 6	Operador	Falla C
		Falla D

Fuente: (Turner, 2009, p.10).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.5.2.4 *Análisis funcional.*

Como se muestra en la tabla 10-2, este apartado se busca definir cuáles son las pérdidas de función de un activo al presentar una falla determinada. Realizar este análisis al aplicar ésta metodología

solo se justifica cuando los activos físicos estudiados tienen consecuencias muy graves al presentar un fallo, debido a que este procedimiento solo originará tiempos y costos que no necesariamente terminan siendo efectivos (Turner 2009, p. 10).

Tabla 10-2: Identificación de la función

Tarea	Responsable	Modos de falla	Función
Tarea 1	Operador	Falla A	Función 1
Tarea 4	Instalador	Falla A	
Tarea 7	Mecánico	Falla A	
Tarea 2	Operador	Falla B	Función 1
Tarea 5	Electricista	Falla B	
Tarea 3	Instalador	Falla C	Función 2
Tarea 6	Operador	Falla C	
		Falla D	Función 1

Fuente: (Turner, 2009, p.10).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.5.2.5 Evaluación de consecuencias

La presencia de un fallo puede ser de manera evidente u oculta, si el fallo es evidente se determina si éste tiene una pérdida operacional, riesgo a la seguridad o solo económica de reparación como se muestra en la tabla 11-2. En la figura 6-2 se ilustra los tipos de consecuencia por fallo (Turner 2009, p. 11).

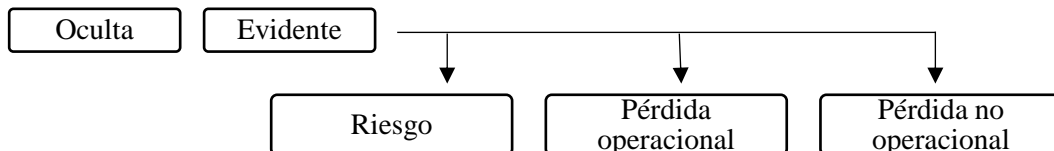


Figura 6-2. Tipos de consecuencia por fallo

Fuente: (Valderrama, 2010, p.33).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021

Tabla 11-2: Identificación de las consecuencias

Tarea	Responsable	Modos de falla	Función	Consecuencia
Tarea 1	Operador	Falla A	Función 1	Operacional
Tarea 4	Instalador	Falla A		
Tarea 7	Mecánico	Falla A		
Tarea 2	Operador	Falla B	Función 1	Operacional
Tarea 5	Electricista	Falla B		
Tarea 3	Instalador	Falla C	Función 2	Oculta
Tarea 6	Operador	Falla C		
		Falla D	Función 1	Operacional

Fuente: (Turner, 2009, p.11).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.5.2.6 *Definición de la Política de Mantenimiento.*

En este apartado se utiliza los principios de la metodología del mantenimiento centrado en la fiabilidad para permitir designar las tareas de mantenimiento preventivas adecuadas para cada modo de falla, éstos según (Turner 2009, p. 11) son:

- Las tareas que no ofrecen resultados efectivos en cuanto al costo para su implantación deben ser eliminadas.
- Determinar cuál de las tareas generan mejores beneficios en cuanto a los costos de su ejecución ya sean estas correctivas o preventivas.
- Determinar las tareas que no generan beneficios para suprimirlas del plan.
- Las fallas que presentan mayor complejidad tienen que utilizar un modelo de análisis causa raíz para poder ser prevenidas.

En la figura 7-2 se muestra un modelo que está basado en el RCM para determinar la tarea de mantenimiento más adecuada para el correspondiente modo de falla.

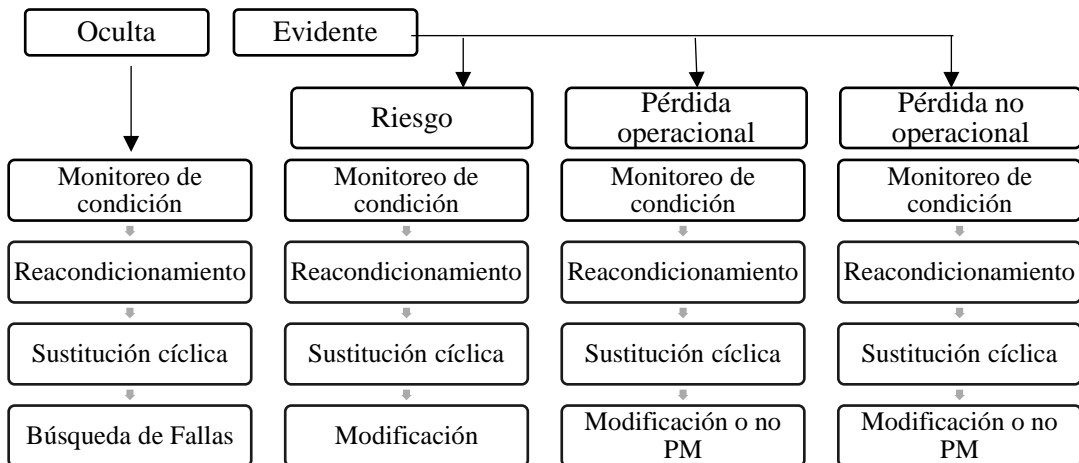


Figura 7-2. Selección de actividades de mantenimiento

Fuente: (Valderrama, 2010, p.37).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021

En la tabla 12-2 se presenta un formato para la recopilación de la información requerida para este apartado y está contiene cada uno de los modos de falla con su función requerida, consecuencia, política o tarea de mantenimiento y rutina o frecuencia de ejecución.

Tabla 12-2: Asignación de tareas de mantenimiento por modo de falla

Modos de falla	Función	Consecuencia	Política	Frecuencia
Falla A	Función 1	Operacional	Inspección	Diaria
Falla B	Función 1	Operacional	No PM	
Falla B				
Falla C	Función 2	Ocultas	Pruebas	Anual
Falla C				
Falla D	Función 1	Operacional	Inspección	Semanal

Fuente: (Turner, 2009, p.11).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Las frecuencias de ejecución de cada tarea de mantenimiento se pueden obtener en base a manuales del fabricante, experiencia laboral, modelos matemáticos, entre otros. Los modelos matemáticos ayudan a determinar las políticas óptimas de mantenimiento preventivo siendo uno de ellos el de sustitución óptima a intervalos constante, que busca definir el tiempo óptimo en donde los mantenimientos esperados de reparación y preventivos sean mínimos. A continuación, se detalla la ecuación que permite determinar el UEC (Costo total esperado por cada unidad de tiempo), en donde, C_p es el costo de mantenimiento preventivo, C_f es el costo de mantenimiento correctivo, $H(tp)$ es el número esperado de fallas acumuladas y tp horas de operación continua sin falla. (Duffuaa et al, 2000, pp. 97-98)

$$UEC(tp) = \frac{C_p + C_f H(tp)}{tp} \quad (1)$$

El cálculo de tp correspondiente al tiempo en el cual el costo para realizar el mantenimiento será el más efectivo se realiza con la siguiente ecuación (Hernández 2020):

$$tp = \theta \left(\frac{C_p}{C_f(\beta-1)} \right)^{1/\beta} \quad (2)$$

El número esperado de fallas acumulado resulta de la integración de la tasa de fallas que se muestra en el anexo A, en donde β es el parámetro de forma y α es el parámetro de escala de la distribución de Weibull (Lazcano 2014, p. 9).

$$H(tp) = \left(\frac{tp}{\theta} \right)^\beta \quad (3)$$

La distribución de Weibull se utiliza para realizar estudios de confiabilidad en especial de sistemas mecánicos (Rodrigo 2005, p. 124).

El cálculo del parámetro de forma y escala se presenta en el anexo A.

2.5.2.7 *Agrupación y revisión.*

Una vez obtenidas todas las tareas de mantenimiento es necesario realizar una agrupación de éstas, de modo que se obtengan tareas con la misma frecuencia para que puedan ser ejecutadas de una forma eficiente (Turner 2009, p. 12).

2.5.2.8 *Aprobación*

Luego de haber organizado las rutinas de mantenimiento se plantea la revisión por parte del personal de mantenimiento de la institución, para que luego de esto sea aprobado el plan de mantenimiento mejorado (Turner 2009, p. 12).

2.5.2.9 *Programa dinámico*

En este apartado se pone en marcha el nuevo plan mejorado dónde a partir de ello se evaluarán los resultados para a partir de ello seguir tomando cambios continuos para mejorar la gestión de estos activos y el plan de mantenimiento preventivo (Turner 2009, p. 12).

2.5.3 *Diferencias entre el RCM Y PMO*

La metodología Optimización del Plan de Mantenimiento PMO fue creada para desarrollarse en industrias que ya se encuentran funcionales por ende se debe disponer de información técnica de mantenimiento por cada activo físico. Mientras que el RCM es una metodología que debido a su complejidad para su implementación fue creada para desarrollarse en industrias nuevas o complejas que no disponen de información de mantenimiento de los activos físicos, pero a pesar de esto con el paso de los años esta metodología se ha venido adaptando para analizar sistemas que se encuentran ya funcionales (Turner, 2009, pp.19-20).

El PMO tiene la ventaja de poder recolectar los modos de falla de una forma más eficiente lo que disminuye tiempos en comparación con el RCM. Esta última genera más modos de falla que el PMO, estos modos de fallo son recolectados de maneras totalmente diferentes ya que en el PMO de utiliza la documentación de historial de fallas para detectar los modos de falla y en el RCM, éstos se buscan haciendo un análisis a partir de las funciones y fallas funcionales para hallar los modos de falla posibles para cada activo a analizar (Turner 2009, p.20).

En la figura 8-2 se muestra algunas de las principales diferencias que presentan la metodología del PMO respecto al RCM.

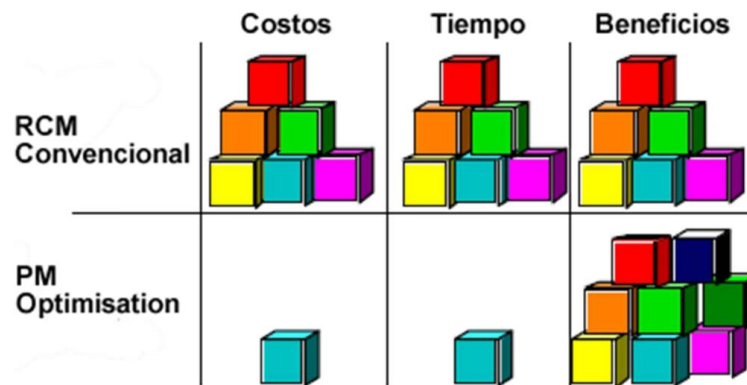


Figura 8-2. Diferencias en costos, tiempo y beneficios de RCM y PMO

Fuente: (Turner, 2009, p.20).

2.6 Asignación de recursos para tareas de mantenimiento

Una de las partes más importantes del mantenimiento es la elaboración del plan de mantenimiento preventivo y la determinación de los recursos requeridos para el desarrollo de éste, debido a que existen diversas técnicas y estrategias que tiene como fin la obtención de una mayor disponibilidad de los sistemas (Yuseff et al. 2020, p.147).

Luego de terminar con el plan de mantenimiento es necesario analizar la logística necesaria para la ejecución de éste. Ésta tiene que ver con la mano de obra, materiales, repuestos y a menudo se planifican en cuanto a las necesidades y presupuesto con el que se cuente. La planeación del mantenimiento además de permitir identificar cuáles son los recursos necesarios también permite que éstos sean cuantificados para así poder generar el presupuesto requerido en cuanto a la ejecución del plan de mantenimiento. Éstos presupuestos también permiten evaluar los resultados de la ejecución del mantenimiento preventivo y compararlo respecto a la aplicación del mantenimiento correctivo (Dounce, et al., 2014, p.160).

El área de mantenimiento en su gran mayoría cuenta con un almacén de mantenimiento el mismo que deberá disponer de refacciones, existencias para un mantenimiento habitual y herramientas que son detalladas a continuación (Duffuaa et al., 2000, pp.234-235):

- Las refacciones, son del tipo de uso especializado y tienen como objetivo reducir los tiempos muertos por fallas de los activos.
- Las existencias para un mantenimiento habitual tienen un uso no especializado pero su frecuencia de recambio es pequeña como por ejemplo los rodamientos, pernos, tubería, etc.
- Las herramientas, son activos que se caracterizan por tener un tipo de utilidad especial para desarrollar algún trabajo específico.

Además de los elementos descritos anteriormente un elemento importante para la logística de mantenimiento es la mano de obra, que debe ser seleccionada de acuerdo con las labores a desempeñar y las horas hombre que se va a requerir para que las labores de mantenimiento sean costo efectivas.

La tabla 13-2 muestra la elaboración de la logística correspondiente a repuestos, horas hombre, técnico, herramientas y materiales para una tarea de mantenimiento.

Tabla 13-2: Asignación de recursos correspondiente a una tarea de mantenimiento

Tarea de mantenimiento	Tiempo (min)	Técnico	Equipos	Repuestos	Herramientas
Sustitución de rodamientos	30	Mecánico	Calentador de Inducción	Rodamiento de bolas rígido de una hilera SKF 011-2RS1/C3	Extractor de rodamientos
					Llave 9/16 in
					Destornillador plano

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.6.1 Causas de la existencia de inventarios de mantenimiento

La causa principal para la dependencia de un adecuado inventario de mantenimiento se da por la suspensión inevitable que se presenta en la funcionalidad de los activos de forma programada o no programada, para la ejecución de actividades correctivas o preventivas de las máquinas, el cual al no disponer de forma inmediata de insumos de mantenimiento o de repuestos necesarios para la ejecución de las misma se originan pérdidas de tiempo innecesario de la funcionalidad de los activos (Mora, 2014, p.24). En la tabla 14-2 se muestran los estados futuros deseados o no, de los inventarios correspondientes a mantenimiento.

Tabla 14-2: Estados futuros de inventarios de mantenimiento

Proceso	Estado futuro no deseado de falla del proceso	Estado futuro bueno o mejor, deseado
Mantenimiento	Imposibilidad de recuperar la funcionalidad de la máquina o parque industrial que está en falla, porque no existen en el inventario los repuestos, instrumentos o insumos requeridos para reparar rápidamente el equipo.	Disponibilidad y función permanente de los equipos - ESTADO DESEADO: que a las máquinas que entran en estado de falla, se les pueda devolver lo más rápido posible su función, específicamente que se tengan en inventario los repuestos, insumos o elementos requeridos, para reparar o mantener con el fin de poder devolverle la funcionalidad a la máquina en falla, a la máxima brevedad.

Fuente: (Mora, 2014, p.28).

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

2.7 Capacitación

La operación y mantenimiento incorrecto en las industrias se origina principalmente por un bajo desarrollo de las capacidades del personal de la empresa, está se produce por la insuficiente o inadecuada capacitación de éstos. Una capacitación adecuada permite entonces obtener una mayor rentabilidad económica disminuyendo pérdidas producidas por una operación y mantenimiento incorrecto (Mayorga y Olmedo, 2019, p.21).

Una de las partes más importantes para el desarrollo de nuevas y más eficientes capacidades humanas dentro del ambiente industrial y en forma general, está relacionada con la aplicación de una acertada capacitación (Orozco, 2017, p.41).

Para el desarrollo de la capacitación los aspectos más importantes a considerar son:

- Personal al cual se dirige la capacitación.
- Tema y subtemas con los respectivos tiempos de ejecución.
- Recursos necesarios en el desarrollo de la capacitación.

CAPÍTULO III

3. OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.1 Descripción del área de metalmecánica de la empresa ECUATRAN S.A.

ECUATRAN S.A. se encuentra constituida por nueve áreas en planta ubicadas en la en la ciudad de Ambato, una de ella corresponde a metalmecánica y como su nombre lo indica en esta área se trabaja todo lo concerniente a la estructura para soporte de la parte activa y sus accesorios, aceite y sistemas de refrigeración de los diferentes tipos de transformadores que se diseñan y construyen en la empresa.

Los procesos principales que se desarrollan en esta área son: suelda, doblado, corte y granallado (sandblasting).

3.2 Evaluación del plan de mantenimiento vigente

El primer paso antes del desarrollo de la mejora del plan de mantenimiento preventivo mediante la metodología PMO, es establecer una evaluación que permita detectar la situación actual en la cual se encuentra el plan en criterios relacionados al manejo de inventarios, análisis de modos de falla, documentación técnica, planificación de mantenimiento, herramientas y equipos de protección personal.

Para esto es importante primero definir al personal adecuado al cual se va a dirigir la respectiva evaluación. Por lo tanto, al ser el personal del departamento de mantenimiento el cual se encuentra directamente relacionado con todos los ámbitos propuestos para la evaluación, la misma se ha delimitado a ejecutarse solo para este personal de la planta. Los datos del personal evaluado se detallan en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Personal evaluado

Nombre	Cargo
Rafael Cumba	Jefe de mantenimiento
Ángel Laguna	Técnico de mantenimiento
Fabrizio Andrango	Técnico de mantenimiento
Javier Pilamunga	Técnico de mantenimiento
Christian Pacheco	Técnico de mantenimiento

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

3.2.1 Ejecución de la evaluación

Para la ejecución de la evaluación se toma el formulario presentado en la tabla 1-2 que constan de 13 preguntas como también la tabla 2-2 que detalla los niveles de referencia con los cuales se va a trabajar para establecer una cualificación a cada una de las preguntas planteadas. En la tabla 2-3 se presenta los porcentajes promedio de cada pregunta planteada para la entrevista al personal de mantenimiento, como también sus respectivas cualificaciones.

Tabla 2-3: Evaluación del plan de mantenimiento

Nº	Preguntas	Evaluación	Cualificación
1	¿Se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo actual?	70%	Bueno
2	¿La programación del mantenimiento preventivo se ejecuta al cien por ciento?	70%	Bueno
3	¿Los activos de la empresa tienen una codificación técnica para mantenimiento?	82%	Excelente
4	¿El personal de mantenimiento recibe frecuentes y efectivas capacitaciones?	51%	Poco aceptable
5	¿El manejo del inventario de bodega es el adecuado?	72%	Bueno
6	¿Se dispone de una cantidad óptima de stock de repuestos?	54%	Poco aceptable
7	¿El número de empleados con los que se cuenta en el departamento de mantenimiento es el adecuado?	72%	Bueno
8	¿Se desarrollan actividades de mantenimiento autónomo?	91%	Excelente
9	¿Las actividades de mantenimiento se desarrollan con el debido equipo de protección personal?	100%	Excelente
10	¿Las actividades de mantenimiento se realizan con herramientas y equipos especializados?	85%	Excelente
11	¿Existe documentación de los activos correspondiente a manuales del fabricante?	96%	Excelente
12	¿Existe datos sobre el historial de fallos de las máquinas?	89%	Excelente
13	¿Se realiza algún tipo de estudio de los modos de falla?	61%	Bueno

Fuente: (Mayorga y Olmedo 2019, p.27)

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

3.3 Inventario y codificación técnica de activos

La lista de activos físicos de la empresa ECUATRAN S.A. se realiza basada en la categorización propuesta por la norma (ISO 14224, 2016) que se presentó en la figura 4-2. Ésta, tiene un alcance de nueve niveles jerárquicos de los cuales para este análisis se utilizan cuatro que va desde el nivel 4 de planta al nivel 7 de equipos.

Para la codificación de los activos físicos de la empresa se utiliza la estructura propuesta en la tabla 4-2 que va desde un nivel de planta hasta el nivel de equipos. El listado y codificación respecto a cada uno de los niveles jerárquicos se desarrolla de forma individual a continuación.

3.3.1 Nivel uno

El nivel uno corresponde al nivel de planta o también denominado de localización de donde se tiene para su codificación una estructura con 2 caracteres alfabéticos, en la tabla 3-3 se muestra la codificación y descripción de la planta.

Tabla 3-3: Codificación planta

Código	Descripción
ET	ECUATRAN S.A.

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

3.3.2 Nivel dos

El nivel dos corresponde al nivel de áreas de donde se tiene una estructura para su codificación de 2 caracteres alfabéticos. En la tabla 4-3 se muestra la codificación y descripción de las 9 áreas con las que cuenta la planta, entre las cuales se encuentra la de metalmecánica que ha sido designada con el código ME.

Tabla 4-3: Codificación áreas

Código	Descripción
ME	Metalmecánica
EN	Ensamble
LA	Laboratorio
PI	Pintura
MA	Mantenimiento
BO	Bodega
PO	Potencia
SE	Servicios
BN	Bobinado y núcleos

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

3.3.3 Nivel tres

El nivel tres corresponde al nivel de sistemas o máquinas por lo que la codificación se estructura por 4 caracteres, los 2 primeros alfabéticos y los 2 siguientes numéricos. Este proyecto técnico se desarrolla para el área de metalmecánica de la empresa ECUATRAN S.A., por lo que en la tabla 5-3 se presenta la codificación y la descripción correspondiente a los 37 sistemas con los que está área cuenta.

Tabla 5-3: Codificación de sistemas del área de metalmecánica

Sistemas del área de metalmecánica	
Código	Descripción
SM01-SM14	Soldadora MIG
CH01	Cizalla hidráulica
RO01	Baroladora
AC01	Acanaladora
PE01	Perforadora 4 estaciones
CP01	Cortadoras plasma
EC01	Elevador de cangilones de granalla
TS01	Tornillo sin fin de granalla
EP01	Extractor de polvo de granalla
TX01	Tanque de explosión de granalla
SA01	Sala de explosión de granalla
PH01	Prensa hidráulica Pacific (100 ton)
CC01	Cortadora circular
RE01	Rebordeadora
PH02	Prensa hidráulica 1 estación
DH01	Dobladora hidráulica
BB01	Baroladora de bandas de cierre
TE01	Tecele eléctrico
SO01	Soldadora de punto
TA01	Taladro de bancada
VP01	Viga principal del puente grúa
PP01	Polipasto del puente grúa
TT01	Testero del puente grúa
TT02	Testero del puente grúa
PU01	Punzonadora CNC EUROMAC
SE01	Soldadora espárragos
TR01	Tronzadora
DH02	Dobladora hidráulica CIMATIC
CH02	Cizalla hidráulica Cincinnati
DH03	Dobladora hidráulica NIAGARA
CF01	Corte por chorro de agua FLOW
PA01	Conformadora de paneles
SP01	Soldadora de paneles
PC01	Mesa de corte plasma CNC
ES01	Esmeril de banco
BE01	Balanza electrónica
MH01	Mesa de pruebas de hermeticidad

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

3.3.4 Nivel cuatro

El nivel cuatro corresponde al nivel de equipos de donde se tiene una estructura para su codificación de 5 caracteres, el primero hace referencia al tipo de equipo por lo tanto los 3 primeros son alfabéticos y los 2 siguientes numéricos. La tabla 6-3 muestra un ejemplo sobre la codificación y descripción de los equipos con los que cuenta el sistema elevador de cangilones de granalla. La codificación de equipos respecto a los demás sistemas a analizar se muestra en el anexo B.

Tabla 6-3: Codificación de equipos

Código	Descripción
EME01	Motor eléctrico
MST01	Sistema de transmisión por banda
MRV01	Reductor de velocidad
MEC01	Estructura del elevador de cangilones
ETC01	Tablero de control

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

3.4 Análisis de sistemas críticos

Esté análisis permite realizar una clasificación jerárquica de los sistemas que cuenta el área de metalmecánica, para que se pueda ejecutar acciones técnicas y administrativas a cada uno de estos basados en su tipo de importancia. El modelo para utilizar en este análisis es el propuesto por el autor Santiago García que permite evaluar los atributos correspondientes a calidad, seguridad y medio ambiente, producción y mantenimiento de cada máquina.

Para presentar los resultados obtenidos del modelo de análisis de criticidad cualitativo se muestra la tabla 7-3, donde se tiene los datos sobre cada sistema (código y descripción), los atributos a analizar y finalmente se presenta el tipo de prioridad al cual pertenece cada uno de éstos ya sea crítico, importante o prescindible. Uno de los sistemas analizados es el elevador de cangilones en el cual se evalúa los cuatro atributos de la siguiente manera:

- En el atributo de seguridad y medio ambiente se obtiene una calificación prescindible debido a que no presenta consecuencias importantes para ésta.
- En el atributo de producción se obtiene una calificación crítica debido a que una parada imprevista de este sistema afecta directamente a la producción.
- En el atributo de calidad se obtiene una calificación de prescindible debido a que un mal funcionamiento de este no causa afecciones en la calidad del producto.

- En el atributo de mantenimiento se obtiene una calificación de prescindible debido a que tiene un bajo costo de mantenimiento.

De los atributos anteriormente analizados la calificación más alta es la que determina el tipo de criticidad del sistema, por lo tanto, el elevador de cangilones de granalla se define como un sistema crítico debido a que la calificación más alta es la crítica.

Tabla 7-3: Evaluación de criticidad

Sistema		Atributos				Tipo de prioridad
Código	Descripción	S y M	Pr	Ca	Ma	
SM01-SM14	Soldadora MIG 01	B	B	B	B	Importante
CH01	Cizalla hidráulica Niagara	B	C	C	C	Importante
RO01	Roladora	B	A	A	B	Crítico
AC01	Acanaladora	B	B	B	C	Importante
PE01	Perforadora 4 estaciones	B	B	B	B	Importante
CP01	Cortadora plasma	B	B	C	B	Importante
EC01	Elevador de cangilones de granalla	C	A	C	C	Crítico
TS01	Tornillo sin fin de granalla	C	A	C	B	Crítico
EP01	Extractor de polvo de granalla	B	A	C	B	Crítico
TX01	Tanque de explosión de granalla	B	B	B	B	Importante
SA01	Sala de explosión de granalla	A	A	C	B	Crítico
PH01	Prensa hidráulica Pacific (100 ton)	A	A	A	B	Crítico
CC01	Cortadora circular	B	B	B	C	Importante
RE01	Rebordeadora	B	A	A	B	Crítico
PH02	Prensa hidráulica 1 estación	B	C	B	B	Importante
DH01	Dobladora hidráulica	B	C	C	C	Importante
BB01	Baroladora de bandas de cierre	B	C	B	C	Importante
TE01	Teclé eléctrico	B	C	C	C	Prescindible
SO01	Soldadora de punto	B	B	B	C	Importante
TA01	Taladro de bancada	C	C	C	C	Prescindible
VP01	Viga principal del puente grúa	A	A	C	B	Crítico
PP01	Polipasto del puente grúa	A	A	C	B	Crítico
TT01	Testero del puente grúa	A	A	C	B	Crítico
TT02	Testero del puente grúa	A	A	C	B	Crítico
PU01	Punzonadora CNC Euromac	B	B	B	B	Importante
SE01	Soldadora espárragos	B	B	B	C	Importante
TR01	Tronzadora	B	C	C	C	Importante
DH02	Dobladora hidráulica Cimatic	A	A	A	B	Crítico
CH02	Cizalla hidráulica Cincinnati	A	A	A	B	Crítico
DH03	Dobladora hidráulica Niagara	A	A	A	B	Crítico
CF01	Corte por chorro de agua Flow	A	B	B	A	Crítico
PA01	Conformadora de paneles	B	B	B	C	Importante
SP01	Soldadora de paneles	B	B	B	C	Importante
PC01	Mesa de corte plasma CNC	B	B	B	B	Importante
ES01	Esmeril de banco	B	C	C	C	Importante
BE01	Balanza electrónica	C	C	C	C	Prescindible
MH01	Mesa de pruebas de hermeticidad	C	B	B	C	Importante

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Nota: En la tabla 7-3 se usa las siguientes abreviaciones: S y M Seguridad y Medio, Ambiente, Pr Producción, Ca Calidad, Ma Mantenimiento, A Critico, B Importante, C Prescindible.

3.5 Ejecución de la Optimización del plan de mantenimiento

La metodología PMO se propuso para desarrollar mejoras de planes de mantenimiento para empresas ya en funcionamiento, esto debido a que ya cuentan con datos como tareas preventivas ejecutadas e historial de averías que permiten determinar tareas y frecuencias de ejecución óptimas para el plan. Este trabajo se realiza para los 15 sistemas críticos del área de metalmecánica de la empresa ECUATRAN S.A. y se hace uso del método PMO2000 propuesto por el autor Steve Turner, el mismo que se desarrolla en nueve pasos que son presentados a continuación:

3.5.1 Recopilación de tareas

Uno de los primeros pasos para desarrollar la metodología PMO es la revisión de toda la información con la que cuenta la empresa con respecto a la ejecución de tareas de mantenimiento preventivas. Para la planificación de estas tareas de mantenimiento la empresa dispone de un cronograma en donde se tiene las tareas generales y la frecuencia en la que se va a ejecutar en cada sistema, por lo tanto, en base a la experiencia cada técnico describe en una base de datos la información detallada sobre que tareas específicas se han realizado.

Tabla 8-3: Recopilación de tareas preventivas

Equipos		Tarea inicial		
Código	Descripción	Descripción	Frecuencia	Responsable
MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Inspeccionar los cangilones para ver si hay baldes gastados.	Semanal	Mecánico
		Inspeccionar la cabeza de los pernos que sujetan a los cangilones en la banda.	Semanal	Mecánico
		Inspeccionar el pico de la descarga del elevador para asegurarse que no exista impedimentos en la misma	Semanal	Mecánico
		Engrasar chumaceras.	Trimestral	Mecánico
EME01	Motor eléctrico	Limpiar el motor eléctrico	Trimestral	Eléctrico
MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el ajuste adecuado de la correa del sistema de transmisión y los protectores estén en su lugar.	Trimestral	Mecánico
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión	Diario	Mecánico
MRV01	Reductor de velocidad	Verificar el nivel de aceite del reductor	17 semanas	Mecánico
		Cambiar aceite del reductor	26 semanas	Mecánico
ETC01	Tablero de control	Limpiar el tablero eléctrico	Trimestral	Eléctrico
		Inspección termográfica	Trimestral	Eléctrico

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

La recopilación de tareas para los sistemas críticos a analizar se realizó en base a los puntos anteriormente mencionados como también de los manuales existentes de mantenimiento. La recopilación de tareas preventivas para el sistema elevador de cangilones de granalla se muestra en la tabla 8-3, en donde se encuentran los equipos, tareas iniciales, responsables y frecuencias de ejecución que compone a este sistema. La recopilación de tareas respecto a los demás sistemas a analizar se muestra en el anexo C.

3.5.2 Análisis de modos de falla (FMA)

Luego de haber recolectado las tareas de mantenimiento preventivo basadas en la información con la que cuenta la empresa para cada sistema, se procede a identificar los modos o causas de falla que se previene con la ejecución de cada tarea de mantenimiento.

Tabla 9-3: Identificación de modos de falla

Equipos	Tareas iniciales	Modos de falla	
		Descripción	Código
Motor eléctrico	Limpiar el motor eléctrico	Taponamiento de la ventilación por impurezas del medio ambiente	TVE
Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el correcto tensado y alineación de la correa	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
	Inspeccionar el estado de la banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
Reductor de velocidad	Verificar el nivel de aceite del reductor	Fricción elevada de engranajes del reductor por insuficiente nivel de aceite	FER
	Cambiar aceite del reductor	Degradación de características del aceite por deterioro natural	DAC
Estructura del elevador de cangilones	Inspeccionar la banda de cangilones para ver si hay baldes gastados.	Rozamiento continuo de cangilones con la granalla e impurezas por operación normal	RCA
	Inspeccionar la cabeza de los pernos que sujetan a los cangilones.	Rozamiento entre las cabezas de pernos que sujetan los cangilones con los tambores motriz y conducido por operación normal	RCP
	Inspeccionar el pico de la descarga del elevador para asegurarse que no exista impedimentos en la misma	Taponamiento en la descarga de los cangilones por presencia de elementos extraños	TDC
	Engrasar chumaceras	Fricción elevada en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	FRC
Tablero de control	Limpiar el tablero eléctrico	Presencia de impurezas en circuitos eléctricos por exposición con un medio ambiente contaminado	PIC
	Inspección termográfica	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEC

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

La tabla 9-3 presenta la identificación de los modos de falla a nivel de equipos para el sistema elevador de cangilones de granalla, cada uno de éstos se define y codifica basado en lo presentado en la tabla 7-2. El análisis de modos de falla de los demás sistemas se muestra en el anexo D.

3.5.3 Racionalización y revisión de modos de falla

Luego de haber obtenido los modos de falla iniciales respecto a cada tarea de mantenimiento preventiva, se procede a su racionalización y revisión. Esto permite detectar modos de falla que aún no se encuentra prevenidos por el plan de mantenimiento actual, como la eliminación de otros que no sean necesarios de prevenir. Este análisis se realiza en relación con el historial de fallas y la experiencia que tiene cada uno de los técnicos de mantenimiento.

Tabla 10-3: Identificación de nuevos modos de falla

Equipo		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Rozamiento entre banda del elevador con la estructura del elevador por desalineación de eje motriz	RBA

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Tabla 11-3: Racionalización y revisión de modos de falla

Equipo		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de los bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MRV01	Reductor de velocidad	Degradación de características del aceite por deterioro natural	DAC
MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Rozamiento continuo de cangilones con la granalla e impurezas por operación normal	RCA
		Rozamiento entre las cabezas de los pernos que sujetan a los cangilones con los tambores motriz y conducido por operación normal	RCP
		Fricción elevada en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	FRC
		Rozamiento entre banda del elevador con la estructura del elevador por desalineación de eje motriz	RBA
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de operación y calibres de conductores inferiores	DEC

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

La tabla 10-3 muestra los nuevos modos de falla que se han detectado para el sistema elevador de cangilones de granalla que aún no cuentan con alguna tarea de mantenimiento para prevenirla, con respecto a los demás sistemas analizados se presenta el anexo E.

Luego de haber determinado los nuevos modos de falla se procede a analizar el resto de éstos para determinar cuáles no sean necesarios de prevenir y por lo tanto se eliminan. En la tabla 11-3 se muestra este análisis para el sistema elevador de cangilones de granalla, con respecto a los demás sistemas se presenta el anexo F.

3.5.4 Evaluación de consecuencias

En este apartado se ha identificado si las consecuencias son del tipo evidente u oculta. Como se presenta en la figura 6-2 si las consecuencias resultan evidentes se va a identificar si éstas tienen una afectación operacional, no operacional o un riesgo para la seguridad. La tabla 12-3 muestra las consecuencias que tiene el sistema elevador de cangilones de granalla al presentar cada fallo, para el análisis de los demás sistemas se presentan en el anexo G.

Tabla 12-3: Evaluación de las consecuencias

Equipos		Modos de falla		
Código	Descripción	Descripción	Código	Consecuencia
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de los bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB	Operacional
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT	Operacional
MRV01	Reductor de velocidad	Degradación de características del aceite por deterioro natural	DAC	Operacional
MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Rozamiento continuo de cangilones con la granalla e impurezas por operación normal	RCA	Operacional
		Rozamiento entre las cabezas de pernos que sujetan los cangilones con los tambores motriz y conducido por operación normal	RCP	Operacional
		Fricción elevada en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	FRC	Operacional
		Rozamiento entre banda del elevador con la estructura del elevador por desalineación de eje motriz	RBA	Operacional
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de operación y calibres de conductores inferiores	DEC	Seguridad

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

3.5.5 Definición de la política de mantenimiento

Cada tarea de mantenimiento se define basado en las consecuencias que podría generar determinado activo físico al presentar un fallo. La tabla 14-3 muestra el tipo de tarea requerido, nuevas tareas, frecuencias en semanas de ejecución y responsables para el elevador de cangilones de granalla. El análisis de los demás sistemas se presenta en el anexo H.

Tabla 13-3: Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento

Equipo	Modos de falla	C	T	Nueva tarea	Fr (Se)	Responsable
Motor eléctrico	Bajo aislamiento de los bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	O	Tc	Medir el aislamiento de los bobinados	52	Eléctrico
	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	Tc	Analizar vibraciones	26	Eléctrico
Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	O	Tc	Inspeccionar visualmente el tensado, alineación y desgaste de las poleas y banda	12	Mecánico
Reductor de velocidad	Degradación de características del aceite por deterioro natural	O	Su	Cambiar de aceite	42	Mecánico
Estructura del elevador de cangilones	Rozamiento continuo de cangilones con la granalla e impurezas por operación normal	O	Tc	Inspeccionar visualmente cada cangilón para detectar si presentan desgaste.	12	Mecánico
	Rozamiento entre las cabezas de pernos que sujetan los cangilones con los tambores motriz y conducido por operación normal	O	Tc	Inspeccionar visualmente el desgaste de los pernos que sujetan cada cangilón en la banda.	12	Mecánico
	Fricción elevada en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	O	Re	Limpiar y aplicar grasa en las chumaceras	12	Mecánico
	Rozamiento entre banda del elevador con la estructura del elevador por desalineación de eje motriz	O	Re	Alinear el eje motriz que sujeta al tambor en contacto con la banda de cangilones	4	Mecánico
Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de operación y calibres de conductores inferiores	S	Tc	Inspección termográfica del tablero de control	12	Eléctrico

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Nota: La tabla 14-3 usa las siguientes abreviaciones: T Tipo de tarea, Tc Tarea a condición, Su Sustitución, Re Reacondicionamiento, Se Semana, C Consecuencia, O Operacional y S Seguridad

En este paso se utiliza el diagrama de decisión del RCM presentado en la figura 7-2 donde se propone tareas de monitoreo de la condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, búsqueda de fallas y modificación que se deben ser seleccionadas de acuerdo con las consecuencias que genere cada fallo y la factibilidad de desarrollar cada una de éstas en relación costo beneficio.

Luego de haber determinado la tarea más adecuada para cada modo de falla se procede a seleccionar el responsable de su ejecución ya sea este mecánico, eléctrico u operador y la frecuencia de realización. Esta última está basada en manuales de fabricante y experiencia de los técnicos, puesto que no se dispone de datos sobre tiempos entre fallos necesarios para la aplicación de modelos matemáticos. Por lo tanto, a continuación, se desarrolla un ejemplo aplicativo del modelo de sustitución óptima a intervalos constantes que al contar con los datos de tiempos entre fallos se permitirá determinar las frecuencias óptimas de sustitución.

Los datos de tiempos entre fallas de 572,578, 582, 587, 594, 599, 603, 608, 613, 617, 621, 629 y los costos de mantenimiento preventivo y correctivo que corresponden a 179,05 USD y 658,24 USD respectivamente permiten la determinación de la frecuencia de sustitución óptima de los filtros de 0,5 y 1 micra del sistema de corte CNC por chorro de agua.

Los resultados de los parámetros β y α corresponden a 36,7 y 608,7 respectivamente y éstos fueron determinados en la aplicación Excel que se presentan en el anexo I. Luego de haber determinado los parámetros de Weibull se procede a calcular el tiempo óptimo de sustitución a través de la ecuación (2) que es presentado a continuación.

$$tp = 608,7 \left(\frac{179,05}{658,24(36,7-1)} \right)^{1/36,7}$$

$$tp = 533 \text{ horas}$$

Con la obtención del tiempo óptimo de sustitución se procede a calcular el costo total esperado por hora, mediante la ecuación (1) y (3).

$$UEC (tp) = \frac{179,05 + 658,24(533/608,7)^{36,7}}{533}$$

$$UEC (tp) = 0.35, \text{ USD/hora}$$

El tiempo óptimo de sustitución para este ejemplo es de 533 horas a un costo esperado por unidad de tiempo de 0,35 USD/hora. El procedimiento total para encontrar la frecuencia de sustitución óptima se presenta en el anexo I, éste se aplicó en Excel para permitir un fácil y rápido calculo.

3.5.6 Agrupación y revisión

Las tareas de mantenimiento descritas en el paso anterior se organizan de acuerdo con la frecuencia que se ejecuta cada una de éstas. Por lo tanto, todas las tareas quedaran agrupadas de forma rutinaria dando lugar a que la planificación y programación de mantenimiento se pueda realizar de una forma eficientemente. La tabla 15-3 muestra la agrupación y revisión de la rutina de mantenimiento que tienen establecida una frecuencia de ejecución de 52 semanas. El análisis con respecto a las demás rutinas se presenta en el anexo J.

Tabla 14-3: Agrupación y revisión a rutina de 52 semanas

Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
CF01-MBH01	Bomba hidráulica	Cambiar el aceite del cárter	Mecánico	52 semanas
CH02-EME01	Motor de accionamiento principal	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas
CH02-EME02	Motor de calibración trasera	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas
CH02-MCR01	Caja de retención hidráulica por leva	Limpiar el filtro de retención de impurezas	Mecánico	52 semanas
DH03-MSH02	Sistema hidráulico	Limpiar la trampa magnética de impurezas	Mecánico	52 semanas
DH03-MEP01	Estructura de plegadora	Reajustes mecánicos de elementos que sujetan a las cuchillas	Mecánico	52 semanas
DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Reajustes mecánicos de los elementos que sujetan a las cuchillas	Mecánico	52 semanas
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Limpiar la trampa magnética de abrasivos	Mecánico	52 semanas
PP01-MCA01	Carro del polipasto	Inspeccionar visualmente el estado de los amortiguadores	Mecánico	52 semanas
PP01-MCA01	Carro del polipasto	Inspeccionar visualmente el desgaste de las ruedas	Mecánico	52 semanas
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar visualmente el desgaste de las ranuras del tambor	Mecánico	52 semanas

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Continúa tabla 14-3: Agrupación y revisión de rutina de 52 semanas

Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Aplicar grasa en el anclaje del cable e inspeccionar su estado	Mecánico	52 semanas
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Aplicar grasa en el cojinete del tambor	Mecánico	52 semanas
PP01-MST01	Sistema de transmisión entre reductor y tambor de elevador	Aplicar grasa en el sistema de transmisión	Mecánico	52 semanas
VP01-MVP01	Colector de corriente	Verificar que exista un correcto contacto entre las canaletas de corriente y las escobillas del colector	Eléctrico	52 semanas
VP01-MVP01	Caja de control	Limpiar la caja de control	Eléctrico	52 semanas
RE01-EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Medir el aislamiento de los bobinados mediante un megóhmetro	Eléctrico	52 semanas
RE01-EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas
EP01-EME01	Motor eléctrico	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas
EP01-MTO01	Tolva	Inspeccionar visualmente el exterior de la tolva para detectar si existe corrosión	Mecánico	52 semanas
TS01-EME01	Motor eléctrico	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas
RO01-EME01	Motor eléctrico	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas
EC01-EME01	Motor eléctrico	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

3.5.7 Aprobación

El plan mejorado respecto a las máquinas críticas del área de metalmecánica de la empresa ECUATRAN S.A. se ha dispuesto para su respectiva aprobación del jefe del departamento de mantenimiento. Éste ha sido aprobado para ser implementado en la planificación y programación del mantenimiento preventivo de la empresa.

3.5.8 Programa dinámico

Luego de haber obtenido la aprobación del plan nuevo plan se procede a diseñar un formato automatizado en el programa Excel, como propuesta para mejorar la gestión del plan de

mantenimiento preventivo que ejecuta la empresa. Este trabajo al ser implementado por la empresa permitirá generar un manejo más eficiente y satisfactorio del plan mantenimiento preventivo. En el anexo K se presenta la herramienta desarrollada en la aplicación Excel.

3.6 Asignación de recursos para tareas de mantenimiento

Los componentes principales de un plan de mantenimiento están directamente relacionados con las tareas preventivas a ejecutar como también la asignación de recursos para cada una de éstas. Esta última ayuda a la identificación de todos los recursos que serán necesarios para desarrollar cada actividad de mantenimiento, por lo tanto, en este apartado se va a determinar los materiales, herramientas, repuestos, mano de obra y costos que son necesarios para la ejecución de cada tarea. La tabla 16-3 muestra la asignación de recursos de la rutina de mantenimiento que tienen establecida una frecuencia de ejecución de 52 semanas. El análisis respecto a las demás rutinas de mantenimiento se presenta el anexo L..

Tabla 15-3: Asignación de recursos a rutina de 52 semanas

Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo (min)
CF01-MBH01	Bomba hidráulica	Cambiar el aceite del cárter	Mecánico	52 semanas		Aceite Veedol SAE 140 API GL-4	2,8 litros	8,58	Embudo, juego de llaves	30
CH02-EME01	Motor de accionamiento principal	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas	Megóhmetro					30
CH02-EME02	Motor de calibración trasera	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas	Megóhmetro					30
CH02-MCR01	Caja de retención hidráulica por leva	Limpiar el filtro de retención de impurezas	Mecánico	52 semanas		Guaiepe	1 unidad	0,75	Pulverizador y manguera para toma de aire comprimido	15
DH03-MSH02	Sistema hidráulico	Limpiar la trampa magnética de impurezas	Mecánico	52 semanas		Guaiepe	1 unidad	0,75		20
DH03-MEP01	Estructura de plegadora	Reajustes mecánicos de elementos que sujetan a las cuchillas	Mecánico	52 semanas					Juego de llaves, juegos de hexagonales	20
DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Reajustes mecánicos de los elementos que sujetan a las cuchillas	Mecánico	52 semanas					Juego de llaves, juegos de hexagonales	20
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Limpiar la trampa magnética de abrasivos	Mecánico	52 semanas		Guaiepe	1 unidad	0,75		20
PP01-MCA01	Carro del polipasto	Inspeccionar visualmente el estado de los amortiguadores	Mecánico	52 semanas						20
PP01-MCA01	Carro del polipasto	Inspeccionar visualmente el desgaste de las ruedas	Mecánico	52 semanas						15
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar visualmente el desgaste de ranuras del tambor	Mecánico	52 semanas						30
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Aplicar grasa en el anclaje de cable e inspeccionar su estado	Mecánico	52 semanas		Brautek NLGI #2	6 gramos	0,12	Grasero	15
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Aplicar grasa en el cojinete del tambor	Mecánico	52 semanas		Brautek NLGI #2	6 gramos	0,12	Grasero	15
PP01-MST01	Sistema de transmisión entre reductor y tambor de elevador	Aplicar grasa en el sistema de transmisión	Mecánico	52 semanas		Brautek NLGI #2	12 gramos	0,25	Grasero	15
VP01-MVP01	Colector de corriente	Verificar que exista un correcto contacto entre las canaletas de corriente y las escobillas del colector	Eléctrico	52 semanas						10
VP01-MVP01	Caja de control	Limpiar la caja de control	Eléctrico	52 semanas		Brocha	1 unidad	1,00		15

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Continúa tabla 15-3: Asignación de recursos a rutina de 52 semanas

Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo (min)
RE01-EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas	Megóhmetro					30
RE01-EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas	Megóhmetro					30
EP01-EME01	Motor eléctrico	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas	Megóhmetro					30
EP01-MTO01	Tolva	Inspeccionar visualmente el exterior de la tolva para detectar si existe corrosión	Mecánico	52 semanas						20
TS01-EME01	Motor eléctrico	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas	Megóhmetro					30
RO01-EME01	Motor eléctrico	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas	Megóhmetro					30
EC01-EME01	Motor eléctrico	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas	Megóhmetro					30
Total, por ejecución de rutina								12,32		520

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

3.7 Capacitación

El primer paso para la aplicación de una acertada capacitación es la determinación del personal pertinente para ello, por lo que en la tabla 17-3 se muestra al personal administrativo y técnicos de mantenimiento al cual se va a dirigir la capacitación.

Tabla 16-3: Personal capacitado

Nombre	Cargo
Rafael Cumba	Jefe de mantenimiento
Jessica Velasco	Administradora de mantenimiento
Ángel Laguna	Técnico de mantenimiento
Javier Pilamunga	Técnico de mantenimiento
Christian Pacheco	Técnico de mantenimiento

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Luego de determinar el personal al cual se va a dirigir la capacitación se procede a definir los temas necesarios para la comprensión del trabajo realizado, esto para permitir que sea factible una correcta implementación del plan mejorado. La tabla 18-3 muestra los temas y tiempos de ejecución que se estructuró para la capacitación.

Tabla 17-3: Estructura de capacitación

Tema	Tiempo (min)
Inventario y codificación técnica de activos	15
Análisis de sistemas críticos	20
PMO	30
Herramienta en Excel para el manejo del mantenimiento preventivo	35
Asignación de recursos a tareas de mantenimiento	20

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Los recursos que se han utilizados para el desarrollo de la capacitación son los siguientes:

- Presentación digital diseñada en la aplicación PowerPoint
- Proyector digital
- Computador

La capacitación se realizó el día 05/04/2021 a las 12h00, por lo que en el anexo M se muestra las imágenes del desarrollo de ésta, como también la documentación de solicitud y aprobación para la ejecución de la capacitación en la empresa.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Análisis del plan de mantenimiento vigente

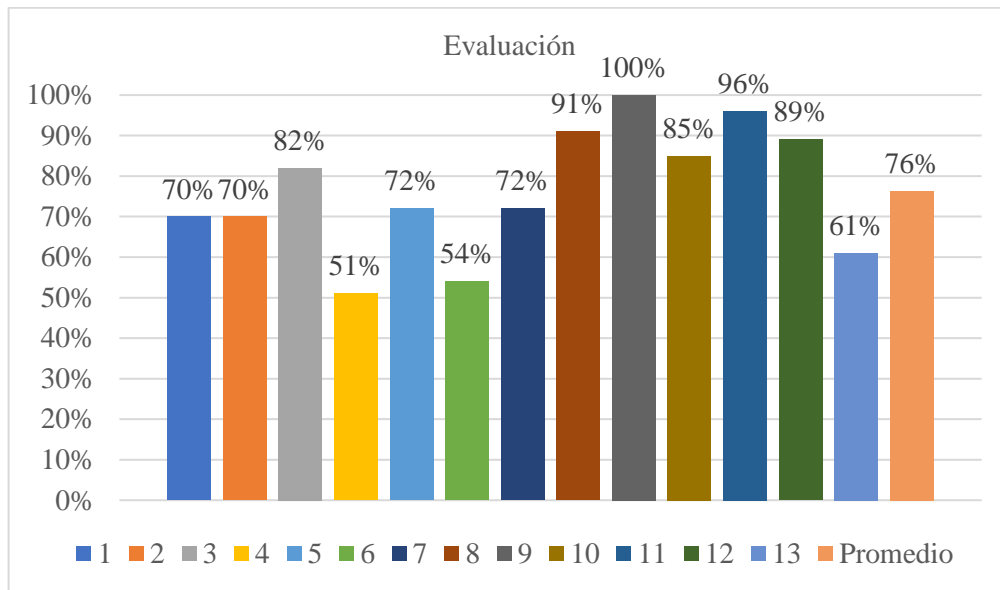
Una vez realizada la entrevista planteada al personal del departamento de mantenimiento para el análisis de la situación en la cual se encuentra el plan de mantenimiento, se ha conseguido los resultados que se presentan en la tabla 1-4 y gráfica 1-4:

Tabla 1-4: Resultados evaluación

Nº	Resultados
1	La empresa actualmente ejecuta un plan de mantenimiento del tipo formal e informal. De manera formal se plantea tareas generales como lo son lubricación, limpieza y mantenimiento del tipo mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico respectivamente al tipo de máquina. Por lo tanto, de manera informal cada técnico basándose en su experiencia ejecuta las tareas específicas que correspondan a la tarea general.
2	El plan de mantenimiento preventivo con el que cuenta la empresa tiene un promedio de ejecución equivalente al 70% debido a tareas innecesarias y frecuencias cortas de ejecución, por lo que en éste existe la necesidad de una optimización para conseguir mejores resultados de su ejecución.
3	La empresa si cuenta con una codificación de sus activos. Esta es de tipo numérico por lo que se podría modificar a una codificación alfanumérica para obtener una mayor facilidad en el reconocimiento y control de cada activo.
4	Las capacitaciones que recibe el personal del departamento de mantenimiento no son las necesarias, debido a esto no es posible que el personal de mantenimiento desarrolle mejores capacidades y destrezas para la ejecución y gestión del mantenimiento.
5	En el manejo del inventario de bodega para mantenimiento no se tiene los resultados más eficientes. Por lo que se debería aplicar nuevas metodologías que permitan obtener un adecuado inventario de bodega. Por lo tanto, la aplicación de la metodología PMO y la determinación de la logística para ésta, ayudara a obtener un mejor inventario para los sistemas críticos del área de metalmecánica.
6	El stock de repuestos no es el adecuado por lo que se debe implementar metodologías que permitan obtener un óptimo control en el manejo de éstos y así no se produzca retrasos tanto en la ejecución de mantenimientos como en la operación de la planta.
7	El personal con el que cuenta el departamento de mantenimiento no es el óptimo para poder permitir la aplicación de metodologías y herramientas que ayuden a la obtención de una alta disponibilidad de los activos con una mayor rentabilidad económica.
8	La empresa si cuenta con actividades de mantenimiento autónomo definidas para cada operario.
9	La empresa cuenta con los equipos de protección personal necesario, por lo que todas las actividades de mantenimiento se ejecutan con las protecciones adecuadas hacia el personal.
10	La empresa si cuenta con las herramientas requeridas para ejecutar adecuadamente cada actividad de mantenimiento, pero además a ello se podría adquirir nuevos equipos de mantenimiento basado en la condición que permitirían diagnosticar y pronosticar los fallos que se presentan en los activos.
11	La documentación de los activos físicos se encuentra debidamente almacenada y respaldada tanto de manera física como digital.
12	Los técnicos detallan cada actividad correctiva realizada, pero es necesario recopilar información adicional como el tiempo de parada y tiempo entre fallos que son importantes para el cálculo de indicadores de mantenimiento como de análisis de confiabilidad.
13	El estudio de modos de falla se realiza solamente a ciertas máquinas críticas. Por lo que es importante aplicar una metodología como el PMO para permitir analizar los modos de falla a todos los activos y determinar así nuevas tareas proactivas para éstos.

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Gráfico 1-4: Resultados cuantitativos respecto a cada pregunta de la evaluación

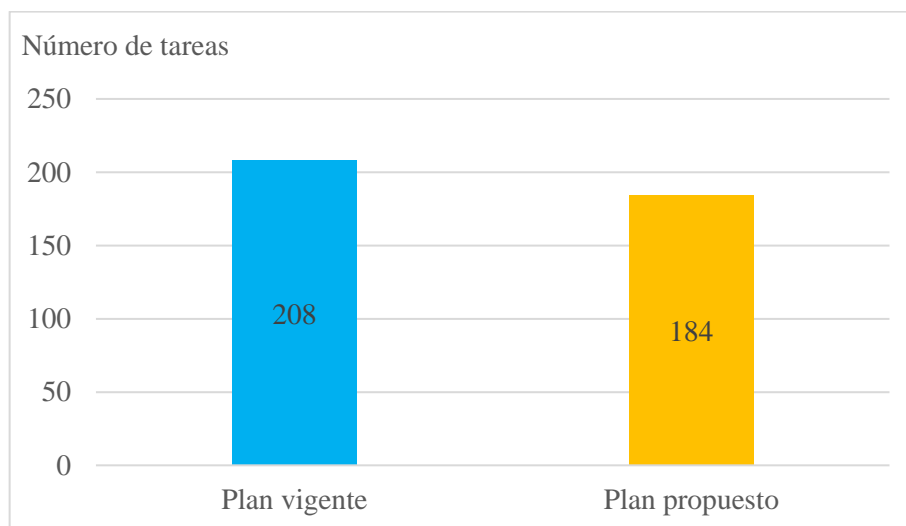


Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

4.2 Cuantificación de tareas del plan propuesto con relación al plan vigente

Una vez definido las nuevas tareas de mantenimiento para las máquinas críticas del área de metalmecánica se obtiene en la gráfica 2-4 la cantidad de tareas a ejecutar en comparación con el plan vigente.

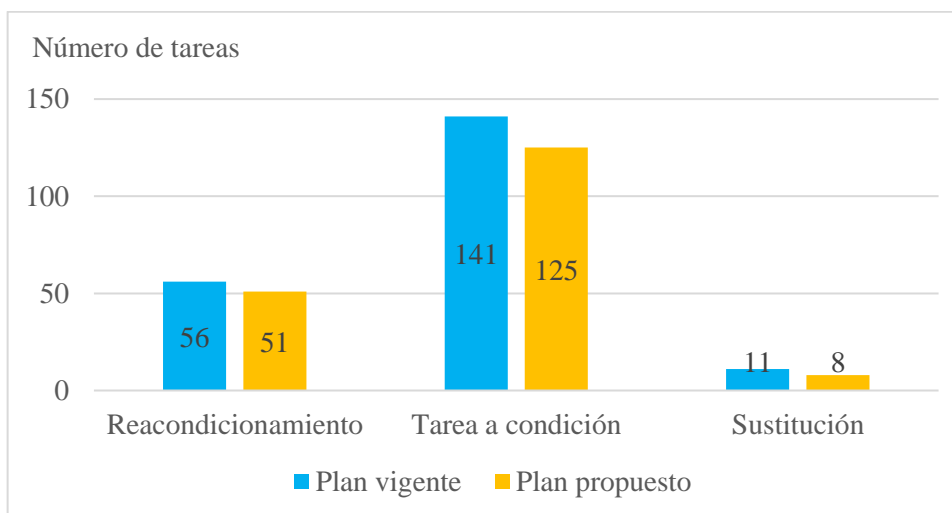
Gráfico 2-4: Tareas a ejecutar por plan



Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

Del número de tareas presentado en la gráfica 2-4 se obtiene una subdivisión respecto al tipo de tareas definidas por cada plan, éstas son de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y tareas basadas en la condición que se presentan en la gráfica 3-4.

Gráfico 3-4: Tipos de tareas definidas por cada plan



Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

4.3 Presupuesto por rutinas de mantenimiento durante el año

Después de definir las rutinas y los costos de la ejecución de cada una de éstas, se procede a determinar en el cronograma de mantenimiento el número de veces que se ejecutarán cada rutina de forma anual.

En la tabla 2-4 se detalla el costo estimado por hora hombre que perciben los técnicos de mantenimiento y operadores.

Tabla 2-4: Costo hora hombre estimado

Presupuesto mano de obra	Costo (USD)
Sueldo básico mensual	450,00
Sueldo básico anual	5.400,00
Décimo cuarto	400,00
Décimo tercero	450,00
IESS	510,30
Costo anual por técnico	6.760,30
Costo Hora Hombre por técnico	3,25

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

La tabla 3-4 muestra el presupuesto estimado para la ejecución del plan propuesto anualmente para las máquinas críticas del área de metalmecánica.

Tabla 3-4: Presupuesto anual del plan propuesto

Presupuesto total anual								
Rutina	Tiempo ejecución mano de obra propia, minutos	Tiempo ejecución mano de obra propia, hora	Costo H-H (USD)	Costo H-H/Rutina (USD)	Costo repuestos y materiales/Rutina (USD)	Costo total por rutina (USD)	Numero rutina/año	Costo total anual (USD)
Diario	135	2,25	3,25	7,31	11,25	18,56	52	965,27
4 semanas	211	3,52	3,25	11,43	1,20	12,63	13	164,19
4 semanas A	210	3,50	3,25	11,38	1,20	12,58	13	163,48
6 semana	115	1,92	3,25	6,23	0,00	6,23	9	56,06
12 semanas	320	5,33	3,25	17,33	0,47	17,80	5	89,02
12 semanas A	330	5,50	3,25	17,88	1,22	19,10	4	76,38
13 semanas	105	1,75	3,25	5,69	5,68	11,37	4	45,47
14 semanas	65	1,08	3,25	3,52	927,24	930,76	4	3723,04
26 semanas	90	1,50	3,25	4,88	261,50	266,38	2	532,75
26 semanas A	225	3,75	3,25	12,19	23,00	35,19	2	70,38
26 semanas B	0	0,00	3,25	0,00	340,00	340,00	2	680,00
28 semanas	120	2,00	3,25	6,50	3641,00	3647,50	2	7295,00
42 semanas	80	1,33	3,25	4,33	9,19	13,53	1	13,53
52 semanas	520	8,67	3,25	28,17	12,32	40,49	1	40,49
56 semanas	60	1,00	3,25	3,25	2387,98	2391,23	1	2391,23
Costo total de la planificación por año								16306,29

Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

CONCLUSIONES

Se evaluó la situación actual del plan de mantenimiento preventivo mediante un cuestionario dirigido hacia el personal del departamento de mantenimiento el cual obtuvo una calificación promedio de efectividad en los diferentes aspectos evaluados del 76%, encontrando así una oportunidad de mejora del 24% en aspectos como la optimización de tareas de mantenimiento, inventario y codificación técnica de activos, inventarios de repuestos y materiales, capacitación del personal técnico y análisis de modos de falla.

Se ha desarrollado una propuesta de inventario jerárquico y codificación técnica de activos para permitir gestionar e identificar de forma eficiente 1 planta, 9 áreas, 37 sistemas y un total de 84 equipos para los 15 sistemas críticos de acuerdo con el modelo de criticidad cualitativo desarrollado para el área de metalmecánica.

Se ha concluido que la metodología de PMO resulta efectiva para optimizar los planes de mantenimiento a razón de que se ha detectado las tareas que resulten óptimas cómo las que no sean necesarias de aplicarse, logrando así reducir en un 11.53% las tareas a ejecutar para los 15 sistemas analizados del área de metalmecánica como también permitir pasar a una ejecución estimada para estos del 70% al 83%.

Se ha definido la logística necesaria para la ejecución de las 184 tarea de mantenimiento preventivas de los sistemas críticos del área de metalmecánica con un presupuesto estimado de 16.306,29 USD anuales para su desarrollo, esto al ser implementado permitirá obtener una mayor satisfacción de su ejecución evitando así retrasos y reprogramación en la ejecución de cada tarea para estos sistemas.

Se realizó una capacitación dirigida al personal de mantenimiento sobre la codificación, análisis de criticidad, metodología PMO, asignación de recursos y herramienta en Excel para el manejo del plan de mantenimiento preventivo puesto que con ello se permitirá desarrollar una futura correcta implementación del plan mejorado.

RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar a todos los activos de la empresa la estructura de codificación propuesta, puesto que se permitirá obtener una mayor eficiencia en la gestión y reconocimiento de cada activo.

Aplicar la metodología PMO para optimizar las tareas de todos los sistemas con los que cuenta la empresa debida a la rápida y eficiente manera con la que permite reestructurar las tareas de mantenimiento, para así generar mejores resultados de ejecución y tener menos paradas imprevistas y mayor disponibilidad de todos los activos.

Instalar dispositivos que permitan medir los tiempos de operación de cada sistema con el fin de obtener efectivamente sus tiempos entre fallos, que mediante la aplicación de análisis de fiabilidad y modelos de optimización se pueda encontrar las frecuencias más óptimas de ejecución para cada tarea de mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFÍA

CAPELO, Raúl. Elaboración de un modelo de gestión de mantenimiento mediante la norma “EN 16646”, para mejorar la eficiencia del departamento de mantenimiento en la unidad oncológica Solca – Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba – Ecuador. 2017. pp. 31-32. [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6490>.

CÁRCEL, Francisco. "Características de los sistemas TPM y RCM en la Ingeniería del Mantenimiento". *3C Tecnología* [en línea], 2016, (España) 5(3), pp. 68-75. [Consulta: 29 diciembre 2020]. ISSN 22544143. Disponible en: <https://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/318>

DOUNCE, Enrique. *La productividad en el mantenimiento industrial* [en línea]. Ciudad de México-México: Grupo Editorial Patria, 2014. [Consulta: 24 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/39453?page=171>.

DUFFUAA, Salih; et al. *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. Balderas-México: Limusa Wiley, 2000. ISBN 968-18-5918-9, pp. 79-235.

GARCÍA, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid-España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. ISBN 84-7978-548-9, pp. 13-26.

GONZÁLEZ, Joaquín. *Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas* [en línea]. Antequera-España: Innovación y Cualificación, 2012. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/42592?page=1>.

HOURNÉ, María; et al. "Análisis de criticidad de grupos electrógenos de la tecnología fuel oil en Cuba". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea], 2012, (Cuba) 21(3), pp. 55-61. [Consulta: 29 diciembre 2020], ISSN 1010-2760. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542012000300009&script=sci_abstract

ISO 14224. *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos*.

LAZCANO, Raquel. La Estadística en el Mantenimiento y Reemplazo Optimo en el Control de Calidad [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, México. 2014. pp. 8. [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: http://mat.izt.uam.mx/mcmai/documentos/tesis/Gen.11-O/RAQUEL_VERGARA_LAZCANO.pdf.

MAYORGA, Olger. y OLMEDO, Walter. Optimización del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología (PMO) [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba–Ecuador. 2019. pp. 10-27. [Consulta: 24 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10632>.

MEDRANO, José; et al. *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales* [en línea]. Ciudad de México-México: Grupo Editorial Patria, 2017. [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/40508?page=25>.

MORA, Alberto. *Stock Cero*. Bogotá-Colombia: Editorial CIMPRO SAS, 2014. ISBN 978-958-58361-0-5, pp. 24-28.

MOUBRAY, John. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Carolina del Norte-Estados Unidos: Aladon LLC, 2004. ISBN 09539603-2-3, pp. 1-384.

NAUQUE, Juan. Diseño de un modelo de gestión de calidad basado en las normas ISO 9001 : 2008 al departamento de producción de la empresa ecuatoriana “ECUATRAN S.A.” del cantón Ambato, provincia de Tungurahua [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Administración de Empresas, Escuela de Contabilidad y Auditoría. Riobamba–Ecuador. 2017. pp. 8-9. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6336>.

OROZCO, Ana. *El impacto de la capacitación* [en línea]. Tlalnepantla-México: Editorial Digital UNID, 2017. [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/41152?page=41>.

RODRIGO, Pascual. *El arte de mantener*. Santiago-Chile: Universidad de Chile, 2005 pp. 1-817.

TURNER, Steve. *PMO - Optimización del Plan de Mantenimiento* [en línea]. Australia: OMCS, 2009. [Consulta: 25 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.pmoptimization.com/>.

UNE-EN 13306. *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento.*

VALDERRAMA, María. *Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO)* [en línea]. Colombia: OMCS, 2010. [Consulta: 25 diciembre 2020]. Disponible en: <https://reliabilityweb.com/assets/uploads/art/PDF/pmo.pdf>.

VILLACÍS, Milton. Optimización del mantenimiento planificado (PMO) de la Central de Generación Eléctrica Cuyabeno Bloque 58 [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba–Ecuador. 2017. pp. 9. [Consulta: 26 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7219>.

YUSEFF, Norman; et al. *Gestión de inventarios – Gestión del conocimiento – Gestión de mantenimiento* [en línea]. Cali-Colombia: Universidad Icesi, 2020. [Consulta: 23 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/170747?page=149>.

ANEXOS

ANEXO A: TASA DE FALLAS ACUMULADA Y PARÁMETROS DE WEIBULL

La tasa de fallas representa la probabilidad instantánea, por unidad de tiempo, que tiene un componente de fallar en un instante t , dado que había funcionado hasta el instante anterior.

La tasa de falla acumulada $H(t)$, que como su nombre lo indica, acumula la tasa de falla a lo largo del tiempo.

$$\begin{aligned} H(t) &= \int_0^{tp} h(t) dt \\ &= \int_0^{tp} \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} dt \\ &= \int_0^{tp} \frac{\beta}{\theta * \theta^{\beta-1}} t^{\beta-1} dt \\ &= \frac{\beta}{\theta^{\beta}} \int_0^{tp} t^{\beta-1} dt \\ &= \frac{\beta}{\theta^{\beta}} \left[\frac{t^{\beta-1+1}}{\beta-1+1} \right] \\ &= \frac{\beta}{\theta^{\beta}} \left[\frac{t^{\beta}}{\beta} \right] \\ &= \left[\frac{t}{\theta} \right]^{\beta} \\ &= \left[\frac{tp}{\theta} \right]^{\beta} - \left[\frac{0}{\theta} \right]^{\beta} \\ H(t) &= \left(\frac{tp}{\theta} \right)^{\beta} \end{aligned} \tag{3}$$

Para el cálculo de los parámetros de Weibull se hace uso del método de mínimos cuadrados.

Existen cinco métodos para calcular los parámetros de la distribución de Weibull: mínimos cuadrados, gráfico de la función tasa de falla, máxima similitud, estimación de momentos, estimadores lineales.

El método que se presenta es el método de los Mínimos Cuadrados, por tres razones: la primera, es un método simple y expedito de aplicar; la segunda, la gráfica de los datos sirven como una

prueba de bondad de ajuste de la distribución y, la tercera, da un indicio sobre si se debe calcular o no el parámetro de localización.

Este método permite calcular los parámetros de forma y escala, mediante la transformación doble logarítmica de la función de distribución acumulativa. La transformación doble logarítmica permite transformar la función de distribución acumulativa en una ecuación lineal de regresión.

Función acumulativa de Weibull

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta}$$

Donde:

t: Variable aleatoria que, para el caso de la confiabilidad, representa el tiempo entre fallas.

β : Parámetro de forma ($0 < \beta < \infty$), determina la forma o perfil de la distribución, la cual es función del valor de éste.

θ : Parámetro de escala ($0 < \theta < \infty$), muestra que tan aguda o plana es la función.

δ : Parámetro de localización ($-\infty < \delta < \infty$) indica, en el tiempo, el momento a partir del cual se genera la distribución.

Determinación de los parámetros de Weibull

Los parámetros de forma y escala para este método están en función de la ecuación lineal de regresión que se encuentra al aplicar la transformada doble logarítmica a la función acumulativa de Weibull, por lo tanto:

$$y = \beta x - b$$

Donde:

$$y = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t)} \right) \right] \quad x = \ln(t - \delta) \quad b = \beta \ln \theta$$

El parámetro de forma, β , es la pendiente de la recta de regresión.

El parámetro de escala α , está en función del intercepto b de la recta de regresión.

A continuación, se presenta la secuencia que se debe seguir en la aplicación del método de los Mínimos Cuadrados mediante la aplicación Excel.

1. Asuma δ (parámetro de localización) igual a cero y ordene los datos de menor a mayor. El criterio de ordenación debe ser el tiempo entre fallas.

2. Calcule el rango de mediana para cada observación usando la siguiente ecuación:

Para poder trazar la recta de regresión, se debe calcular un estimador para la función de distribución acumulativa $F(x)$. Este estimador, llamado Rango de mediana, es un estimador no paramétrico basado en el orden de las fallas y se calcula de la siguiente forma:

$$RM(X_i) = (i - 0,3)/(N + 0,4)$$

Donde:

RM(x_i): Rango de mediana.

i : Orden de falla.

n : Número total de datos de la muestra.

3. Calcule el logaritmo natural del tiempo entre fallas para cada observación.

$$LN(ti - \gamma)$$

4. Calcule el valor de la ordenada.

.

$$LN(LN(1/(1 - RM)))$$

5. Calcule el parámetro de forma β , estimando la pendiente de la recta mediante el programa Excel

$$\beta = PENDIENTE (conocido_y; conocido_x)$$

Donde:

- conocido_y son los valores dependientes
- conocido_x son los valores independientes

6. Calcule el parámetro de escala α , estimando el intercepto de la recta mediante el programa Excel.

$$\alpha = \text{INTERSECCIÓN.EJE (conocido}_y; \text{conocido}_x)$$

El parámetro de escala se encuentra en función del intercepto b de la recta de regresión y el parámetro de forma, por lo tanto, este se encuentra mediante:

$$\theta = e^{-\frac{b}{\beta}}$$

ANEXO B: INVENTARIO Y CODIFICACIÓN TÉCNICA A NIVEL DE EQUIPOS

Sistema	Roladora (RO01)
Código	Descripción
MER01	Estructura de la roladora
ETC02	Tablero de control
EME01	Motor eléctrico
MST01	Sistema de transmisión por banda entre motor y rodillos
MRV01	Reductor de velocidad

Sistema	Tornillo sin fin de granalla (TS01)
Código	Descripción
MTS01	Tornillo sin fin
EME01	Motor eléctrico
MST01	Sistema de transmisión por banda entre reductor y tornillo sin fin
MRV01	Reductor de velocidad
ETC01	Tablero de control
MMA01	Matrimonio entre reductor y motor

Sistema	Extractor de polvo de granalla (EP01)
Código	Descripción
EME01	Motor eléctrico
MVE01	Ventilador
MST01	Sistema de transmisión por banda
MTO01	Tolva
ETC01	Tablero de control

Sistema	Prensa hidráulica Pacific (100 ton) (PH01)
Código	Descripción
MEP01	Estructura de la prensa hidráulica
MBH01	Bomba hidráulica
EME01	Motor eléctrico
MSH01	Sistema hidráulico
MSC01	Sistema de control
MST01	Sistema de transmisión por matrimonio entre motor y bomba

Sistema	Rebordadora (RE01)
Código	Descripción
MES01	Estructura de la rebordadora
MBH01	Bomba Hidráulica Vickers
MSH01	Sistema hidráulico
MST01	Sistema de transmisión por banda
MRV01	Reductor de velocidad Morse
EME01	Motor eléctrico Lincoln AC
EME02	Motor eléctrico Lincoln AC
ESC01	Sistema de control

Sistema	Viga principal del puente grúa (VP01)
Código	Descripción
MEG01	Viga principal
ECC01	Caja de control
ECT01	Controlador
ECO01	Colector de corriente

Sistema	Polipasto del puente grúa (PP01)
Código	Descripción
EME01	Motor eléctrico para movimiento transversal del polipasto
EME02	Motor eléctrico elevador del polipasto
ECE01	Caja de control del polipasto
MSE01	Sistema de elevación de carga
MCA01	Carro del polipasto
MRV01	Reductor de velocidad de movimiento transversal del polipasto
MFE01	Freno desplazamiento transversal del polipasto
MRV02	Reductor de velocidad de elevador del polipasto
EFE02	Freno de elevador del polipasto
MCA01	Carro del polipasto
MST01	Sistema de transmisión entre reductor y tambor de elevador

Sistema	Testero del puente grúa (TT01)
Código	Descripción
MTE01	Estructura del testero
EME01	Motor eléctrico
MRV01	Reductor de velocidad

Sistema	Testero del puente grúa (TT02)
Código	Descripción
MTE01	Estructura del testero
EME01	Motor eléctrico
MRV01	Reductor de velocidad

Sistema	Dobladora hidráulica Cimatic (DH02)
Código	Descripción
MEP01	Estructura de plegadora
MBH01	Bomba hidráulica
MSH01	Sistema hidráulico
ECC01	Sistema de control
EME01	Motor eléctrico

Sistema	Dobladora hidráulica Niagara (DH03)
Código	Descripción
MEP01	Estructura de plegadora
EME01	Motor eléctrico
MBH01	Bomba hidráulica
ECC01	Sistema de control
MSH01	Sistema hidráulico

Sistema	Cizalla hidráulica Cincinnati (CH02)
Código	Descripción
MCH01	Estructura de cizalla hidráulica
EME01	Motor de accionamiento principal
MST01	Sistema de transmisión por bandas
EME02	Motor de calibración trasera
MCB01	Contra balance de RAM
MFF01	Freno de fricción
MSL01	Sistema de lubricación
MEB01	Embrague
MCR01	Caja de retención hidráulica por leva
MCT01	Caja de transmisión principal
ESC01	Sistema de control

Sistema	CNC de corte por chorro de agua FLOW (CF01)
Código	Descripción
MCC01	Cabezal de corte
MSH01	Sistema hidráulico
MBH01	Bomba hidráulica
EME01	Motor eléctrico
MST01	Sistema de transmisión por banda
MTA01	Tolva de abrasivo
ECO01	Controlador CNC

ANEXO C: RECOPIACIÓN DE TAREAS PREVENTIVAS

Sistema		Roladora (RO01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Responsable	Frecuencia
MER01	Estructura de la baroladora	Limpiar rodillos	Operador	Diario
		Lubricar engranaje de acople de rodillos a caja reductora	Mecánico	Bimensual
		Inspeccionar rodillos	Mecánico	Semestral
		Inspeccionar bujes	Mecánico	Semestral
		Engrasar guías y tornillos de regulación	Mecánico	Bimensual
ETC01	Tablero de control	Inspección termográfica	Eléctrico	Trimestral
		Reajustes eléctricos	Eléctrico	Trimestral
		Limpiar el tablero eléctrico	Eléctrico	Trimestral
EME01	Motor eléctrico	Limpiar motor eléctrico	Eléctrico	Anuual
MST01	Sistema de transmisión por banda entre motor y rodillos	Inspeccionar el ajuste adecuado de la correa del sistema de transmisión y los protectores estén en su lugar.	Mecánico	Anuual
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Mecánico	Semanal
MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar aceite del reductor	Mecánico	42 semanas
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Mecánico	1000h

Sistema		Tornillo sin fin de granalla (TS01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Responsable	Frecuencia
ETC01	Tablero de control	Inspección termográfica	Eléctrico	Trimestral
		Limpiar el tablero eléctrico	Eléctrico	Trimestral
EME01	Motor eléctrico	Limpiar motor eléctrico	Eléctrico	Anuual
MST01	Sistema de transmisión por banda de reductor a polea de tornillo sin fin	Inspeccionar el ajuste adecuado de la correa del sistema de transmisión y los protectores estén en su lugar.	Mecánico	Anuual
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Mecánico	Semanal
MTS01	Tornillo sin fin	Engrasar chumaceras.	Mecánico	Trimestral
MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar aceite del reductor	Mecánico	42 semanas
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Mecánico	1000h
MMA01	Matrimonio entre reductor y motor	Inspeccionar estado de matrimonio entre motor y reductor de velocidad	Mecánico	Trimestral

Sistema		Extractor de polvo de granalla (EP01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Responsable	Frecuencia
ETC01	Tablero de control	Inspección termográfica	Eléctrico	Trimestral
		Limpiar el tablero eléctrico	Eléctrico	Trimestral
EME01	Motor eléctrico	Limpiar motor eléctrico	Eléctrico	Anuual
		Inspeccionar ruidos anormales	Eléctrico	Trimestral
MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el ajuste adecuado de la correa del sistema de transmisión y los protectores estén en su lugar.	Mecánico	Anuual
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Mecánico	Semanal
MVE01	Ventilador	Engrasar chumaceras.	Mecánico	Trimestral
MTO01	Tolva	Inspeccionar visualmente el exterior de la tolva para detectar corrosión	Mecánico	Anuual
MDU01	Ductos de extracción de polvo	Inspeccionar visualmente el exterior de los ductos de extracción para detectar corrosión	Mecánico	Anuual

Sistema		Sala de explosión de granalla (SA01)	
Tarea de mantenimiento			
Descripción	Frecuencia	Responsable	
Inspeccionar el estado del piso	Mensual	Mecánico	
Inspeccionar que la sala de explosión cuente con la iluminación requerida	Trimestral	Eléctrico	
Limpiar totalmente el casco de protección y respiración del operador	Diario	Operador	
Inspeccionar las boquillas y mangueras del chorro de granalla	Semanal	Operador	
Inspeccionar la manguera de aire conectado al casco del operador	Diario	Operador	
Verificar el estado de las juntas de filtro y anillos tóricos del purificador de aire.	Semanal	Mecánico	
Cambiar filtro del purificador de aire	Anual	Mecánico	

Sistema		Rebordeadora (RE01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Frecuencia	Responsable
MES01	Estructura de la rebordeadora	Limpiar la estructura	Diario	Operador
		Reajustes mecánicos	Trimestral	Mecánico
		Aplicar grasa en partes móviles	Trimestral	Mecánico
EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Escuchar ruidos anormales	Anual	Eléctrico
		Medir corriente	Anual	Eléctrico
MBH01	Bomba Hidráulica Vickers	Escuchar ruidos anormales	Trimestral	Mecánico
EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Escuchar ruidos anormales	Semestral	Eléctrico
		Medir corriente	Anual	Eléctrico
MRV01	Reductor de velocidad Morse	Verificar el nivel de aceite del reductor	1000h	Mecánico
ESC01	Sistema de control	Reajuste de contactos en la caja de control	Trimestral	Mecánico
MSH01	Sistema hidráulico	Verificar que el depósito cuente con el nivel de aceite adecuado	Semanal	Operador
		Inspeccionar el estado de las mangueras	Mensual	Mecánico
		Verificar el correcto accionamiento de cada válvula piloto	Trimestral	Mecánico
		Inspeccionar la condición del filtro de aceite hidráulico y remplazarlo de ser necesario	Trimestral	Mecánico
MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el ajuste adecuado de la correa del sistema de transmisión y los protectores estén en su lugar.	Mecánico	Anual
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Mecánico	Semanal

Sistema		Prensa hidráulica Pacific (PH01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Frecuencia	Responsable
MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Limpiar la estructura	Diario	Operador
		Reajustes mecánicos	Mensual	Mecánico
		Aplicar grasa en las partes móviles del deslizador	Diario	Mecánico
		Verificar que la varilla del pistón presente una correcta lubricación	Mensual	Mecánico
MBH01	Bomba hidráulica	Escuchar ruidos anormales	Eléctrico	Trimestral
MST01	Sistema de transmisión por matrimonio entre motor y bomba	Escuchar ruidos anormales	Eléctrico	Trimestral
EME01	Motor eléctrico	Escuchar ruidos anormales	Eléctrico	Trimestral
MSH01	Sistema hidráulico	Verificar que el depósito cuente con el nivel de aceite adecuado	Semanal	Operador

		Inspeccionar el estado de las mangueras	Mensual	Mecánico
		Verificar que la varilla del pistón presente una correcta lubricación	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Diario	Mecánico
		Verificar que las válvulas de control límite de presión presente la capacidad requerida	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar visualmente el indicador sobre el estado del filtro de retención de impurezas del aceite hidráulico	Semanal	Mecánico
		Drenar el agua que se encuentre presente en el depósito de aceite hidráulico	Diario	Mecánico
MSC01	Sistema de control	Limpiar el tablero de control	Trimestral	Eléctrico
		Verificar que los interruptores límites de altura funcionen correctamente	Trimestral	Eléctrico
		Reajuste de contactos	Trimestral	Eléctrico
		Verificar el estado del pedal de accionamiento	Trimestral	Eléctrico

Sistema		Viga principal del puente grúa (VP01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Frecuencia	Responsable
MEG01	Viga principal	Limpiar la estructura	Semestral	Mecánico
		Limpiar los rieles de desplazamiento del polipasto	Semestral	Mecánico
ECC01	Caja de control	Limpiar la caja de control	Trimestral	Electico
		Medición de amperajes	Trimestral	Electico
		Inspeccionar el buen aislamiento de los cables	Semestral	Electico
ECT01	Controlador	Verificar el correcto accionamiento de la botonera de control	Mensual	Electico
		Inspeccionar el estado de cable eléctrico entre botonera y caja de control	Mensual	Electico
ECO01	Colector de corriente	Verificar que los elementos de contacto estén acoplados y accionados correctamente	Semestral	Electico

Sistema		Polipasto del puente grúa (PP01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Frecuencia	Responsable
EME01	Motor eléctrico para movimiento transversal del polipasto	Limpiar las aletas de refrigeración	Semestral	Eléctrico
		Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Semestral	Eléctrico
		Escuchar ruidos anormales	Semestral	Eléctrico
MRV01	Reductor de velocidad de movimiento transversal del polipasto	Verificar que no exista fugas de aceite	Semestral	Mecánico
		Escuchar ruidos anormales	Semestral	Mecánico
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Semestral	Mecánico
MFE01	Freno desplazamiento transversal del polipasto	Inspeccionar que no exista deslizamientos con carga	Mensual	Mecánico
		Regular el frenado	Semestral	Mecánico
		Verificar el entrehierro del freno	Semestral	Mecánico
EME02	Motor eléctrico elevador del polipasto	Limpiar las aletas de refrigeración	Anual	Eléctrico
		Escuchar ruidos anormales	Semestral	Eléctrico
		Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Semestral	Eléctrico
MRV02	Reductor de velocidad de	Verificar que no exista fugas de aceite	Semestral	Mecánico
		Escuchar ruidos anormales	Semestral	Mecánico

	elevador del polipasto	Verificar el nivel de aceite del reductor	Semestral	Mecánico
EFE02	Freno de elevador del polipasto	Inspeccionar que no exista deslizamientos con carga	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar el estado del freno	Trimestral	Mecánico
		Limpiar la superficie del freno	Mensual	Mecánico
MST01	Sistema de transmisión entre reductor y tambor de elevador	Aplicar grasa	Anual	Mecánico
MCA01	Carro	Limpiar la estructura del carro	Semestral	Mecánico
		Verificar que no exista la presencia de oxido o el revestimiento de pintura	Semestral	Mecánico
		Verificar el estado de los amortiguadores	Semestral	Mecánico
		Inspeccionar el estado de las ruedas de desplazamiento transversal	Semestral	Mecánico
		Lubricar los cojinetes de las ruedas del carro	Anual	Mecánico
MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar el estado del cable	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar el estado del elemento de anclaje del cable	Trimestral	Mecánico
		Aplicar aceite al cable	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar el estado que se encuentra las poleas y la estructura que sujeta a ésta	Semestral	Mecánico
		Inspeccionar el estado del gancho	Semestral	Mecánico
		Inspeccionar el estado del tambor	Semestral	Mecánico
		Lubricar el anclaje de cable	Anual	Mecánico
		Lubricar cojinetes y superficie del tambor	Anual	Mecánico
ECE01	Caja de control del polipasto	Verificar el correcto funcionamiento de los contactores	Semestral	Eléctrico
		Limpiar el cuadro de control	Semestral	Eléctrico

Sistema		Testero del puente grúa (TT01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Frecuencia	Responsable
MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Semestral	Mecánico
		Lubricar los cojinetes de las ruedas de desplazamiento grasa lubricante	Anual	Mecánico
EME01	Motor eléctrico	Limpiar las aletas de refrigeración	Semestral	Eléctrico
		Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Semestral	Eléctrico
		Escuchar ruidos anormales	Semestral	Eléctrico
MRV01	Reductor de velocidad	Verificar que no exista fugas de aceite	Semestral	Mecánico
		Escuchar ruidos anormales	Semestral	Mecánico
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Semestral	Mecánico

Sistema		Testero del puente grúa (TT02)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Frecuencia	Responsable
MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Semestral	Mecánico
		Lubricar los cojinetes de las ruedas de desplazamiento grasa lubricante	Anual	Mecánico
EME01	Motor eléctrico	Limpiar las aletas de refrigeración	Semestral	Eléctrico
		Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Semestral	Eléctrico
		Escuchar ruidos anormales	Semestral	Eléctrico
MRV01	Reductor de velocidad	Verificar que no exista fugas de aceite	Semestral	Mecánico
		Escuchar ruidos anormales	Semestral	Mecánico

		Verificar el nivel de aceite del reductor	Semestral	Mecánico
--	--	-------------------------------------------	-----------	----------

Sistema		Dobladora hidráulica CIMATIC (DH02)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Frecuencia	Responsable
MEP01	Estructura de plegadora	Limpiar la estructura de plegadora	Diario	Operador
		Reajustes mecánicos	Anual	Mecánico
		Inspeccionar el estado de las varillas de los pistones	Mensual	Mecánico
		Aplicar grasa a guía del ariete, husillos madre cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros	Mensual	Mecánico
EME01	Motor eléctrico	Escuchar ruidos anormales	Trimestral	Eléctrico
MBH01	Bomba hidráulica de engranajes	Escuchar ruidos anormales	Trimestral	Mecánico
MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar el indicador de condición del filtro de la línea de retorno y remplazarlo de ser necesario	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar cañerías y conexiones hidráulicas	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar juntas tóricas	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar que el nivel de aceite sea el correcto en el deposito	Semanal	Mecánico
		Verificar la temperatura del aceite	Diario	Mecánico
ECC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal de accionamiento	Mensual	Eléctrico
		Reajustes eléctricos	Trimestral	Eléctrico
		Verificar el correcto accionamiento del paro de emergencia	Semanal	Eléctrico
		Revisión de finales de carreras	Mensual	Eléctrico

Sistema		Dobladora hidráulica NIAGARA (DH03)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Frecuencia	Responsable
MEP01	Estructura de plegadora	Limpiar la estructura de plegadora	Diario	Operador
		Reajustes mecánicos	Anual	Mecánico
		Inspeccionar el estado de las varillas de los pistones	Mensual	Mecánico
EME01	Motor eléctrico	Escuchar ruidos anormales	Trimestral	Eléctrico
MBH01	Bomba hidráulica	Escuchar ruidos anormales	Trimestral	Mecánico
MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar el indicador de condición del filtro de la línea de retorno y remplazarlo de ser necesario	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar cañerías y sus conexiones	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar juntas tóricas	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar que el nivel de aceite sea el correcto en el deposito	Semanal	Mecánico
		Verificar la temperatura del aceite	Diario	Mecánico
ECC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal de accionamiento	Mensual	Eléctrico
		Reajustes eléctricos	Trimestral	Eléctrico
		Verificar el correcto accionamiento del paro de emergencia	Semanal	Eléctrico
		Limpiar poleas y cinta de control de nivel	Mensual	Mecánico
		Revisión de finales de carreras	Mensual	Eléctrico

Sistema		Cizalla hidráulica Cincinnati (CH02)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Frecuencia	Responsable
MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Limpia la estructura de cizalla hidráulica	Diario	Operador
		Inspeccionar visualmente el desgaste de las cuchillas	Diario	Operador
		Inspeccionar el estado de todas las protecciones	Semanal	Mecánico
		Reajustes mecánicos de las cuchillas, pistones y mesa de trabajo	Semanal	Mecánico
		Verificar el nivel de la máquina	Mensual	Mecánico
		Verificar el juego que existe entre la cuchilla y guía del ariete	Mensual	Mecánico
		Aplicar grasa en el husillo de recalibración	Semanal	Mecánico
EME01	Motor de accionamiento principal	Escuchar ruidos anormales	Trimestral	Eléctrico
MST01	Sistema de transmisión por bandas	Inspeccionar visualmente el tensado de la correa del sistema de transmisión	Mecánico	Anual
MCR01	Caja de retención hidráulica por leva	Verificar el nivel de aceite del depósito	Mensual	Mecánico
		Limpia el filtro	Anual	Mecánico
MCT01	Caja de transmisión principal	Verificar el nivel de aceite	Semanal	Mecánico
EME02	Motor de calibración trasero	Escuchar ruidos anormales	Trimestral	Eléctrico
MSL01	Sistema de lubricación	Inspeccionar visualmente que el nivel de aceite del lubricador automático	Diario	Mecánico
MEB01	Embrague	Verificar la presión de aire	Diario	Operador
		Verificar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento	Diario	Operador
MFF01	Freno de fricción	Verificar visualmente el lugar de retención del ariete, regular el freno de ser necesario	Diario	Operador
		Aplicar grasa al pasador del rodillo	Mensual	Mecánico
ESC01	Sistema de control	Reajustes eléctricos del tablero de control	Trimestral	Eléctrico
		Inspección termográfica del tablero de control	Trimestral	Eléctrico
		Verificar el correcto accionamiento del paro de emergencia	Semanal	Eléctrico
		Verificar el estado del pedal de accionamiento	Trimestral	Eléctrico

Sistema		CNC de corte por chorro de agua FLOW (CF01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Descripción	Frecuencia	Responsable
MBH01	Bomba hidráulica	Escuchar ruidos anormales	Mensual	Mecánico
		Inspeccionar el nivel de aceite de la bomba	Mensual	Mecánico
		Cambiar el aceite del cárter	Anual	Mecánico
		Aplicar el paquete de mantenimiento menor 712101-1	9 semanas	Mecánico
		Aplicar el paquete de mantenimiento mayor 712101-2	17 semanas	Mecánico
MSH01	Sistema hidráulico	Cambiar cartuchos del filtro de agua	9 semanas	Mecánico
		Inspeccionar visualmente la presencia de fugas en uniones, válvulas y ductos de alta presión	Semanal	Mecánico
		Limpia las partículas abrasivas en la válvula del vástago y la de apertura y cierre	Diario	Operador
EME01	Motor eléctrico	Escuchar ruidos anormales	Trimestral	Eléctrico
MST01		Inspeccionar visualmente el tensado adecuado de la correa	Anual	Mecánico

	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Semanal	Mecánico
MTA01	Tolva de abrasivo	Inspeccionar el tapón de abrasivo	Semanal	Mecánico
ECO01	Controlador CNC	Limpiar la parte externa del controlador CNC	Diario	Operador
		Inspeccionar los circuitos eléctricos	Mensual	Eléctrico
MCC01	Cabezal de corte	Aplicar el paquete de mantenimiento Pac-V, 015605-1	34 semanas	Mecánico

ANEXO D: IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLA POR TAREA DE MANTENIMIENTO

Sistema		Roladora (RO01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MER01	Estructura de la roladora	Limpieza de rodillos	Rozamiento de rodillos con impurezas por acumulación de estas en la misma	RRI
		Lubricar engranaje de acople de rodillos a caja reductora	Insuficiente grasa en engranaje de acople de rodillos a caja reductora	IGE
		Inspeccionar rodillos	Rozamiento de rodillos con impurezas por acumulación de estas en la misma	RRI
		Inspeccionar bujes	Insuficiente grasa en bujes por falta de una aplicación periódica de grasa	IGB
		Engrase de guías y tornillos de regulación	Insuficiente grasa en guías y tornillos de regulación por falta de una aplicación periódica de grasa	IGG
ETC01	Tablero de control	Inspección termográfica	Desajuste de contactos, elevada carga de operación y calibres de conductores inferiores	DEC
		Reajustes eléctricos	Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Limpiar el tablero eléctrico	Presencia de impurezas en circuitos eléctricos por exposición con un medio ambiente contaminado	PIC
EME01	Motor eléctrico	Limpiar motor eléctrico	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE
MST01	Sistema de transmisión por banda entre motor y rodillos	Inspeccionar el ajuste adecuado de la correa del sistema de transmisión y los protectores estén en su lugar.	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar aceite del reductor	Degradación de características del aceite por deterioro natural	DAC
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Fricción elevada de engranajes del reductor por insuficiente nivel de aceite	FER

Sistema		Tornillo sin fin de granalla (TS01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
ETC01	Tablero de control	Inspección termográfica	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEC
		Limpiar el tablero eléctrico	Presencia de impurezas en circuitos eléctricos por exposición con un medio ambiente contaminado	PIC
EME01	Motor eléctrico	Limpiar motor eléctrico	Taponamiento de la ventilación por impurezas del medio ambiente	TVE
MST01	Sistema de transmisión por banda entre reductor y tornillo sin fin	Inspeccionar el correcto tensado y alineación de la correa	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MTS01	Tornillo sin fin	Engrasar chumaceras	Fricción elevada en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	FRC

MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar aceite del reductor	Degradación de características del aceite por deterioro natural	DAC
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Fricción elevada de engranajes del reductor por insuficiente nivel de aceite	FER
MMA01	Matrimonio entre reductor y motor	Inspeccionar estado de matrimonio entre motor y reductor de velocidad	Desalineación de ejes por mal montaje	DEJ

Sistema		Extractor de polvo de granalla (EP01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
ETC01	Tablero de control	Inspección termográfica	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEC
		Limpiar el tablero eléctrico	Presencia de impurezas en circuitos eléctricos por exposición con un medio ambiente contaminado	PIC
EME01	Motor eléctrico	Limpiar motor eléctrico	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE
		Escuchar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el ajuste adecuado de la correa del sistema de transmisión y los protectores estén en su lugar.	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MVE01	Ventilador	Engrasar chumaceras.	Fricción elevada en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	FRC
MTO01	Tolva	Inspeccionar visualmente el exterior de la tolva para detectar corrosión	Deterioro de estructura por presencia de un ambiente corrosivo	DES
MDU01	Ductos de extracción de polvo	Inspeccionar visualmente el exterior de los ductos de extracción para detectar corrosión	Deterioro de estructura por presencia de un ambiente corrosivo	DES

Sistema		Sala de explosión de granalla (SA01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Tarea inicial	Modos de falla	Código		
Inspeccionar el estado del piso	Fricción y excesiva carga sobre las placas de filtración de granalla por operación inadecuada	FPF		
Inspeccionar que la sala de explosión cuente con la iluminación requerida	Focos quemados por límite de vida útil	FQU		
Limpiar totalmente el casco de protección y respiración del operador	Presencia de impurezas en el casco del operador por la continua exposición con la granalla	ICA		
Inspeccionar las boquillas y mangueras del chorro de granalla	Rozamiento entre granalla con boquillas y mangueras del chorro de granalla por el continuo flujo a presión de este abrasivo	RBM		
Inspeccionar la manguera de aire conectado al casco del operador	Rozamiento entre granalla con mangueras de flujo de aire por el continuo contacto con la granalla	RMA		
Verificar el estado de las juntas de filtro y anillos tóricos del purificador de aire.	Taponamiento del filtro de impurezas y humedad del medio ambiente por operación normal	TFI		

Cambiar filtro del purificador de aire	Taponamiento del filtro de impurezas y humedad del medio ambiente por operación normal	TFI
----------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------	-----

Sistema		Rebordeadora (RE01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MES01	Estructura de la rebordeadora	Limpiar la estructura de la rebordeadora	Presencia de impurezas en estructura por operación normal	PIE
		Reajustes mecánicos	Vibración mecánica de estructura por operación normal	VME
		Aplicar grasa en partes móviles	Insuficiente grasa en parte móviles por falta de una aplicación periódica de grasa	IGP
EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Escuchar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
		Medir corriente	Carga elevada de funcionamiento por operación inadecuada	CEF
MBH01	Bomba hidráulica Vickers	Escuchar ruidos anormales	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA
EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Escuchar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
		Medir corriente	Carga elevada de funcionamiento por operación inadecuada	CEF
MRV01	Reductor de velocidad Morse	Verificar el nivel de aceite del reductor	Fricción elevada de engranajes del reductor por insuficiente nivel de aceite	FER
ESC01	Sistema de control	Reajuste de contactos en la caja de control	Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
MSH01	Sistema hidráulico	Verificar que el depósito cuente con el nivel de aceite adecuado	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Inspeccionar el estado de las mangueras	Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM
		Verificar el correcto accionamiento de cada válvula piloto	Rozamiento de elementos internos de la válvula con impurezas	REV
		Inspeccionar la condición del filtro de aceite hidráulico y reemplazarlo de ser necesario	Taponamiento del filtro de impurezas por operación normal	TFI
MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el ajuste adecuado de la correa del sistema de transmisión y los protectores estén en su lugar.	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT

Sistema		Prensa hidráulica Pacific (PH01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Limpiar la estructura de la prensa hidráulica	Rozamiento entre guía y deslizador por impurezas	RGI
		Reajustes mecánicos	Vibración mecánica de estructura por operación normal	VME
		Aplicar grasa en las partes móviles del deslizador	Rozamiento entre guía y deslizador por falta de una aplicación periódica de grasa	RGG
		Verificar que la varilla del pistón presente una correcta lubricación	Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	RVC

MBH01	Bomba hidráulica	Escuchar ruidos anormales	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA
MST01	Sistema de transmisión por matrimonio entre motor y bomba	Escuchar ruidos anormales	Desalineación de ejes por mal montaje	DEJ
EME01	Motor eléctrico	Escuchar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MSH01	Sistema hidráulico	Verificar que el depósito cuente con el nivel de aceite adecuado	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Inspeccionar el estado de las mangueras	Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM
		Inspeccionar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	DAT
		Verificar que las válvulas de control límite de presión presente la capacidad requerida	Calibración incorrecta de las válvulas de control límite de presión	CIV
		Inspeccionar visualmente el indicador sobre el estado del filtro de retención de impurezas del aceite hidráulico	Taponamiento del filtro de impurezas por operación normal	TFI
		Drenar el agua que se encuentre presente en el depósito de aceite hidráulico	Características inadecuadas de operación del aceite por presencia de agua en éste	CIA
MSC01	Sistema de control	Limpiar el tablero de control	Presencia de grasas e impurezas en los circuitos eléctricos debido a derrames de fluidos de la máquina	PIC
		Verificar que los interruptores límites de altura funcionen correctamente	Configuración incorrecta de los interruptores límites	CII
		Reajuste de contactos	Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Verificar el estado del pedal de accionamiento	Desajuste de elemento internos de pedal y pérdida de aislamiento en cable de mando	DEP

Sistema		Viga principal del puente grúa (VP01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MEG01	Viga principal	Limpiar la estructura	Presencia de impurezas en la estructura por continua exposición con el medio ambiente	PIE
		Limpiar los rieles de desplazamiento del polipasto	Presencia de impurezas en los rieles por la continua exposición con el medio ambiente	PIR
ECC01	Caja de control	Limpiar la caja de control	Presencia de impurezas en la caja de control por la continua exposición con el medio ambiente	PIC
		Medición de amperajes	Sobre corriente en el circuito eléctrico por presencia de anomalías	SCC
		Inspeccionar el buen aislamiento de los cables	Ausencia de aislamiento en los cables por desgaste natural	AAC
ECT01	Controlador	Verificar el correcto accionamiento de la botonera de control	Continuo rozamiento entre contactos por operación normal	CRC
		Inspeccionar el estado de cable eléctrico entre botonera y caja de control	Perdida de aislamiento y rotura de alambres de circulación de corriente por degradación natural	PAR

ECO01	Colector de corriente	Verificar que los contactos de cada fase se encuentren acoplados y accionados correctamente	Fricción entre escobillas con guía de colector de corriente por operación normal	FEG
Sistema		Polipasto del puente grúa (PP01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
EME01	Motor eléctrico para movimiento transversal del polipasto	Limpiar las aletas de refrigeración	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE
		Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	DTS
		Escuchar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MRV01	Reductor de velocidad de movimiento transversal del polipasto	Verificar que no exista fugas de aceite	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
		Escuchar ruidos anormales	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
MFE01	Freno de desplazamiento transversal del polipasto	Inspeccionar que no exista deslizamientos no aceptables de la carga	Fricción en disco de freno por operación normal	FDF
		Regular el frenado	Fricción en disco de freno por operación normal	FDF
		Verificar el entrehierro del freno	Fricción en disco de freno por operación normal	FDF
EME02	Motor eléctrico elevador del polipasto	Limpiar las aletas de refrigeración	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE
		Escuchar ruidos anormales	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	DTS
		Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MRV02	Reductor de velocidad de elevador del polipasto	Verificar que no exista fugas de aceite	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
		Escuchar ruidos anormales	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
EFE02	Freno de elevador del polipasto	Inspeccionar que no exista deslizamientos con carga	Fricción en disco de freno por operación normal	FDF
		Inspeccionar el estado del freno	Fricción en disco de freno por operación normal	FDF
		Limpiar la superficie del freno	Fricción elevada en disco de freno por presencia de impurezas	FFI
MST01	Sistema de transmisión entre reductor y tambor de elevador	Aplicar grasa	Fricción elevada en sistema de transmisión por falta de una aplicación periódica de grasa	FST
MCA01	Carro	Limpiar la estructura del carro	Presencia de impurezas en estructura por la continua exposición con el medio ambiente	PIE
		Verificar que no exista la presencia de óxido o el revestimiento de pintura	Deterioro de estructura por presencia de un ambiente corrosivo	DES

		Verificar el estado de los amortiguadores	Excesiva carga de amortiguador por operación inadecuada	ECA
		Inspeccionar el estado de las ruedas de desplazamiento transversal	Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	RRR
		Lubricar los cojinetes de las ruedas del carro	Fricción elevada de cojinete por falta de una aplicación periódica de grasa	FEC
MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar el estado del cable	Rozamiento continuo del cable de elevación por operación normal	RCE
		Inspeccionar el estado del elemento de anclaje del cable	Desajuste y fatiga en anclaje de cable por operación normal	DFA
		Lubricar el cable	Fricción elevada del cable de elevación por falta de una aplicación periódica de lubricante	FCE
		Inspeccionar el estado que se encuentra las poleas y la estructura que sujeta a ésta	Rozamiento de polea con cable por operación normal	RPC
		Inspeccionar el estado del gancho	Fatiga en el gancho por operación normal	FGA
		Inspeccionar el estado del tambor	Rozamiento entre el cable de elevación y las ranuras del tambor por operación normal	RRT
		Lubricar el anclaje de cable	Fricción elevada en anclaje de cable por falta de una aplicación periódica de grasa	FAC
		Lubricar cojinetes del tambor	Fricción elevada entre eje y cojinete del tambor por falta de una aplicación periódica de grasa	FCT
ECE01	Caja de control del polipasto	Verificar el correcto funcionamiento de los contactores	Desgaste de contactos contactores por operación normal	DCO
		Limpia el cuadro de control	Presencia de impurezas en circuitos eléctricos por exposición con un medio ambiente contaminado	PIC

Sistema		Testero del puente grúa (TT01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	RRR
		Lubricar los cojinetes de las ruedas de desplazamiento grasa lubricante	Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	FEC
EME01	Motor eléctrico	Limpia las aletas de refrigeración	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE
		Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	DTS
		Escuchar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MRV01	Reductor de velocidad	Verificar que no exista fugas de aceite	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
		Escuchar ruidos anormales	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER

Sistema		Testero del puente grúa (TT02)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	RRR
		Lubricar los cojinetes de las ruedas de desplazamiento grasa lubricante	Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	FEC
EME01	Motor eléctrico	Limpiar las aletas de refrigeración	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE
		Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	DTS
		Escuchar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MRV01	Reductor de velocidad	Verificar que no exista fugas de aceite	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
		Escuchar ruidos anormales	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
		Verificar el nivel de aceite del reductor	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER

Sistema		Dobladora hidráulica Cimatic (DH02)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MEP01	Estructura de plegadora	Limpiar la estructura de plegadora	Presencia de impurezas en estructura por operación normal	PIE
		Reajustes mecánicos	Vibración mecánica de estructuras por operación normal	VME
		Inspeccionar el estado de las varillas de los pistones	Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	RVC
		Aplicar grasa a guía del ariete, husillos madre cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros	Fricción elevada de guía del ariete, husillos madre cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros por falta de una aplicación periódica de grasa	FEL
EME01	Motor eléctrico	Escuchar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MBH01	Bomba hidráulica	Escuchar ruidos anormales	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA
MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del estado del filtro de retención de impurezas del aceite hidráulico	Filtro saturado de impurezas por operación normal	FSI
		Inspeccionar cañerías y conexiones hidráulicas	Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM
		Inspeccionar juntas tóricas	Rotura o desgaste de juntas tóricas por degradación natural	RDJ
		Inspeccionar que el nivel de aceite sea el correcto en el depósito	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Verificar la temperatura del aceite	Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	DAT

ECC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal de accionamiento	Desajuste de elemento internos del pedal y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPE
		Reajustes de contactos	Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Verificar el correcto accionamiento del paro de emergencia	Desajuste de elemento internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA
		Revisión de finales de carreras	Configuración incorrecta de los interruptores límites	CII

Sistema		Dobladora hidráulica Niagara (DH03)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MEP01	Estructura de plegadora	Limpiar la estructura de plegadora	Presencia de impurezas en estructura por operación normal	PIC
		Reajustes mecánicos	Vibración mecánica en estructura por operación normal	VME
		Inspeccionar el estado de las varillas de los pistones	Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	RVC
EME01	Motor eléctrico	Escuchar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MBH01	Bomba hidráulica	Escuchar ruidos anormales	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA
MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del estado del filtro de retención de impurezas del aceite hidráulico	Filtro saturado de impurezas por operación normal	FSI
		Inspeccionar cañerías y sus conexiones	Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM
		Inspeccionar juntas tóricas	Rotura o desgaste de juntas tóricas por degradación natural	RDJ
		Inspeccionar que el nivel de aceite sea el correcto en el depósito	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Verificar la temperatura del aceite	Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	DAT
ECC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal de accionamiento	Desajuste de elemento internos del pedal y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPE
		Reajustes de contactos	Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Verificar el correcto accionamiento del paro de emergencia	Desajuste de elemento internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA
		Limpiar poleas y cinta de control de nivel	Fricción de poleas con impurezas por falta de una limpieza periódica	FPI
		Revisión de finales de carreras	Configuración incorrecta de los interruptores límites	CII

Sistema		Cizalla hidráulica Cincinnati (CH02)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Limpiar la estructura de cizalla hidráulica	Presencia de impurezas en estructura por operación normal	PIE
		Inspeccionar visualmente el desgaste de las cuchillas	Rozamiento de cuchillas con placas metálicas por operación normal	RCP
		Inspeccionar el estado de todas las protecciones	Desajuste de protecciones por vibración mecánica	DPR

		Reajustes mecánicos de las cuchillas, pistones y mesa de trabajo	Vibración mecánica por operación normal	VME
		Verificar el nivel de la máquina	Desbalance de la máquina por nivelado incorrecto	DMA
		Verificar el juego que existe entre la cuchilla y guía del ariete	Holgura fuera del rango de operación entre cuchilla y guía de ariete por desajuste	HFR
		Aplicar grasa en el husillo de recalibración	Fricción elevada de husillo de recalibración por falta de una aplicación periódica de grasa	FHR
EME01	Motor de accionamiento principal	Inspeccionar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MST01	Sistema de transmisión por bandas	Inspeccionar visualmente el tensado de la correa del sistema de transmisión	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MCR01	Caja de retención hidráulica por leva	Verificar el nivel de aceite del depósito	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Limpia el filtro	Taponamiento de filtro de impurezas por operación normal	TFI
MCT01	Caja de transmisión principal	Verificar el nivel de aceite	Insuficiente aceite por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAC
EME02	Motor de calibración trasera	Inspeccionar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MSL01	Sistema de lubricación	Verifique el nivel de aceite del lubricador automático	Insuficiente aceite del depósito por operación normal	IAD
MEB01	Embrague	Verificar la presión de aire	Insuficiente presión de aire por elevado consumo de aire en la planta	IPA
		Verificar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento	Insuficiente aceite del depósito por operación normal	IAD
MFF01	Freno de fricción	Verificar visualmente el lugar que se retiene el ariete, regular el freno de ser necesario	Fricción de disco del freno por operación normal	FDF
		Aplicar grasa al pasador del rodillo	fricción elevada en pasador del rodillo por falta de una aplicación periódica de grasa	FPR
ESC01	Sistema de control	Reajustes eléctricos del tablero de control	Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Inspección termográfica del tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEC
		Verificar el correcto accionamiento del paro de emergencia	Desajuste de elemento internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA
		Verificar el estado del pedal de accionamiento	Desajuste de elemento internos del pedal y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPE

Sistema		CNC de corte por chorro de agua FLOW (CF01)		
Equipos		Tarea de mantenimiento		
Código	Descripción	Tarea inicial	Modos de falla	Código
MBH01	Bomba hidráulica	Inspeccionar ruidos anormales	Fricción de elementos internos con impurezas por presencia de éstas en el fluido	FEI
		Inspeccionar el nivel de aceite de la bomba	Insuficiente aceite lubricante por fugas	IAL

		Cambiar el aceite del cárter	Fricción elevada en elementos internos por degradación de características del aceite	FDA
		Aplicar el paquete de mantenimiento menor 712101-1	Fricción de elementos internos por operación normal	FPA
		Aplicar el paquete de mantenimiento mayor 712101-2	Fricción de elementos internos por operación normal	FPM
MSH01	Sistema hidráulico	Cambiar cartuchos del filtro de agua	Saturación de cartuchos para filtración de impurezas del agua por operación normal	SCF
		Inspeccionar visualmente la presencia de fugas en uniones, válvulas y ductos de alta presión	Fricción entre fluido de alta presión y las uniones, válvulas y ductos de circulación por operación normal	FFP
EME01	Motor eléctrico	Inspeccionar ruidos anormales	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar visualmente el tensado adecuado de la correa	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
		Inspeccionar el estado de la banda del sistema de transmisión.	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MTA01	Tolva de abrasivo	Inspeccionar visualmente la presencia de fugas en uniones en la manguera de abrasivo	Fricción entre abrasivo y ducto de circulación por operación normal	FDC
ECO01	Controlador CNC	Limpiar la parte externa del controlar CNC	Presencia de impurezas en los circuitos eléctricos	PIC
		Inspeccionar los circuitos eléctricos	Bajo aislamiento en los cables por desgaste natural	BAI
MCC01	Cabezal de corte	Aplicar el paquete de mantenimiento Pac-V, 015605-1	Fricción de elementos internos por operación normal	FFP

ANEXO E: IDENTIFICACIÓN DE NUEVOS MODOS DE FALLA BASADO EN EL HISTORIAL DE AVERÍAS

Sistema		Roladora (RO01)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
ETC01	Tablero de control	Desajuste de elemento internos de paro de emergencias y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA

Sistema		Tornillo sin fin de granalla (TS01)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MTS01	Estructura del tornillo sin fin	Elevada carga sobre los anillos del tornillo sin fin por operación inadecuada	ECA

Sistema		Extractor de polvo de granalla (EP01)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB

Sistema		Sala de explosión de granalla (SA01)	
Modos de falla		Descripción	
Descripción		Código	
Choque continuo de vidrio con partículas de granalla por operación normal		CCV	

Sistema		Rebordeadora (RE01)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
MES01	Estructura de la rebordeadora	Fricción entre matrices de formado de bases y placas metálicas por desgaste natural	FMP
EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB

Sistema		Prensa hidráulica Pacific (PH01)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Desajuste de las cuñas por vibración mecánica	DCU

Sistema		Viga principal del puente grúa (VP01)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
ECC01	Caja de control	Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Holgura entre porta fusibles y fusibles por vibración mecánica	HPF

Sistema		Polipasto del puente grúa (PP01)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código

ECE01	Caja de control del polipasto	Holgura entre porta fusibles y fusibles por vibración mecánica	HPF
-------	-------------------------------	----------------------------------------------------------------	-----

Sistema		Testero del puente grúa (TT01)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
MTE01	Estructura del testero	Rozamiento de los topes por operación normal	RTO
		Presencia de impurezas en los rieles por exposición con el medio ambiente	PIR

Sistema		Testero del puente grúa (TT02)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
MTE01	Estructura del testero	Rozamiento de los topes por operación normal	RTO
		Presencia de impurezas en los rieles por exposición con el medio ambiente	PIR

Sistema		Dobladora hidráulica Cimatic (DH02)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Nuevos modos de falla	Código
MSH01	Sistema hidráulico	Trampa magnética saturada de partículas ferrosas por operación normal	TMS
ECC01	Sistema de control	Falta de accionamiento de las válvulas solenoides para el control de la circulación del aceite hidráulico por desgaste natural	FVS

Sistema		Dobladora hidráulica Niagara (DH03)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Nuevos modos de falla	Código
MSH01	Sistema hidráulico	Trampa magnética saturada de partículas ferrosas por operación normal	TMS
ECC01	Sistema de control	Falta de accionamiento de las válvulas solenoides para el control de la circulación del aceite hidráulico por desgaste natural	FVS

Sistema		Cizalla hidráulica Cincinnati (CH02)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Descripción	Código
EME01	Motor de accionamiento principal	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
EME02	Motor de calibración trasera	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
MCB01	Contrabalancee de RAM	Fatiga en elementos internos de del contrabalancee de RAM por operación normal	FRA

Sistema		CNC de corte por chorro de agua FLOW (CF01)	
Equipos		Modos de falla	
Código	Descripción	Nuevos modos de falla	Código
MCC01	Cabezal de corte	Taponamiento de orificio de rubí y tubo de mezcla por presencia de impurezas	TOT

Anexo F: Racionalización y revisión de modos de falla

Sistema		Roladora (RO01)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MER01	Estructura de la roladora	Rozamiento de rodillos con impurezas por acumulación de estas en la misma	RRI
		Insuficiente grasa en engranaje de acople de rodillos a caja reductora	IGE
		Insuficiente grasa en bujes por falta de una aplicación periódica de grasa	IGB
		Insuficiente grasa en guías y tornillos de regulación por falta de una aplicación periódica de grasa	IGG
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de operación y calibres de conductores inferiores	DEC
		Desajuste de elemento internos de paro de emergencias y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA
MST01	Sistema de transmisión por banda entre motor y rodillos	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MRV01	Reductor de velocidad	Degradación de características del aceite por deterioro natural	DAC
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO

Sistema		Tornillo sin fin de granalla (TS01)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEC
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	TVE
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MST01	Sistema de transmisión por banda entre reductor y tornillo sin fin	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MTS01	Estructura del tornillo sin fin	Fricción elevada en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	FRC
		Elevada carga sobre los anillos del tornillo sin fin por operación inadecuada	ECA
MRV01	Reductor de velocidad	Degradación de características del aceite por deterioro natural	DAC
MMA01	Matrimonio entre reductor y motor	Desalineación de ejes por mal montaje	DEJ

Sistema		Extractor de polvo de granalla (EP01)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEJ
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MVE01	Ventilador	Fricción elevada en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	FRC
MTO01	Tolva	Deterioro de estructura por presencia de un ambiente corrosivo	DES

Sistema	Sala de explosión de granalla (SA01)
Racionalización y revisión de modos de falla	
Modos de falla	Código
Fricción y excesiva carga sobre las placas de filtración de granalla por	FPF
Choque continuo de vidrio con partículas de granalla por operación normal	CCV
Presencia de impurezas en el casco del operador por la continua exposición con la granalla	ICA
Rozamiento entre granalla con boquillas y mangueras del chorro de granalla por el continuo flujo a presión de este abrasivo	RBM
Rozamiento entre granalla con mangueras de flujo de aire por el continuo contacto con la granalla	RMA
Taponamiento del filtro de impurezas y humedad del medio ambiente por operación normal	TFI

Sistema	Rebordeadora (RE01)		
Equipos	Racionalización y revisión		
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MES01	Estructura de la rebordeadora	Presencia de impurezas en estructura por operación normal	PIE
		Vibración mecánica de estructura por operación normal	VME
		Insuficiente grasa en parte móviles por falta de una aplicación periódica de grasa	IGP
		Fricción entre matrices de formado de bases y placas metálicas por desgaste natural	FMP
EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
MBH01	Bomba hidráulica Vickers	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA
EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
MRV01	Reductor de velocidad Morse	Fricción elevada de engranajes del reductor por insuficiente nivel de aceite	FER
ESC01	Sistema de control	Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
MSH01	Sistema hidráulico	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM
		Taponamiento del filtro de impurezas por operación normal	TFI
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT

Sistema	Prensa hidráulica Pacific (PH01)		
Equipos	Racionalización y revisión		
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Rozamiento entre guía y deslizador por impurezas	RGI
		Vibración mecánica de estructura por operación normal	VME
		Rozamiento entre guía y deslizador por falta de una aplicación periódica de grasa	RGG
		Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	RVC
		Desajuste de las cuñas por vibración mecánica	DCU
MBH01	Bomba hidráulica	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA
MST01	Sistema de transmisión por	Desalineación de ejes por mal montaje	DEJ

	matrimonio entre motor y bomba		
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MSH01	Sistema hidráulico	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM
		Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	DAT
		Calibración incorrecta de las válvulas de control límite de presión	CIV
		Taponamiento del filtro de impurezas por operación normal	TFI
		Características inadecuadas de operación del aceite por presencia de agua en éste	CIA
MSC01	Sistema de control	Configuración incorrecta de los interruptores límites	CII
		Desajuste de contactos de elementos de tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Desajuste de elemento internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	DEP

Sistema		Viga principal del puente grúa (VP01)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MEG01	Viga principal	Presencia de impurezas en los rieles por la continua exposición con el medio ambiente	PIE
ECC01	Caja de control	Presencia de impurezas en la caja de control por la continua exposición con el medio ambiente	PIC
		Sobre corriente en el circuito eléctrico por presencia de anomalías	SCC
		Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Holgura entre porta fusibles y fusibles por vibración mecánica	HPF
ECT01	Controlador	Perdida de aislamiento y rotura de alambres de circulación de corriente por degradación natural	PAR
ECO01	Colector de corriente	Fricción entre escobillas con guía de colector de corriente por operación normal	FEG

Sistema		Polipasto del puente grúa (PP01)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
EME01	Motor eléctrico para movimiento transversal del polipasto	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE
MRV01	Reductor de velocidad de movimiento transversal del polipasto	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
MFE01	Freno desplazamiento transversal del polipasto	Fricción en disco de freno por operación normal	FDF
EME02	Motor eléctrico elevador del polipasto	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE
MRV02	Reductor de velocidad de elevador del polipasto	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER
EFE02	Freno de elevador del polipasto	Fricción en disco de freno por operación normal	FDF
		Fricción elevada en disco de freno por presencia de impurezas	FFI
MST01	Sistema de transmisión entre reductor y tambor de elevador	Fricción elevada en sistema de transmisión por falta de una aplicación periódica de grasa	FST
MCA01	Carro	Presencia de impurezas por la continua exposición con el medio ambiente	PIE
		Excesiva carga por operación inadecuada	ECA
		Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	RRR
		Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	FEC

MSE01	Sistema de elevación de carga	Rozamiento continuo del cable de elevación por operación normal	RCE
		Desajuste y fatiga de anclaje de cable por operación normal	DFA
		Fricción elevada del cable de elevación por falta de una aplicación periódica de lubricante	FCE
		Rozamiento entre cable y polea por operación normal	RPC
		Fatiga en el gancho por operación normal	FGA
		Rozamiento entre el cable de elevación y las ranuras del tambor por operación normal	RRT
		Fricción elevada en acople de cable por falta de una aplicación periódica de grasa	FAC
		Fricción elevada entre eje y cojinete del tambor por falta de una aplicación periódica de grasa	FCT
ECE01	Caja de control del polipasto	Desgaste de contactos por operación normal	DCO
		Holgura entre porta fusibles y fusibles por vibración mecánica	HPF

Sistema		Testero del puente grúa (TT01)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MTE01	Estructura del testero	Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	RRR
		Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	FEC
		Rozamiento de los topes por operación normal	RTO
		Presencia de impurezas en los rieles por exposición con el medio ambiente	PIR
EME01	Motor eléctrico	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	DTS
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MRV01	Reductor de velocidad	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER

Sistema		Testero del puente grúa (TT02)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MTE01	Estructura del testero	Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	RRR
		Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	FEC
		Rozamiento de los topes por operación normal	RTO
		Presencia de impurezas en los rieles por exposición con el medio ambiente	PIR
EME01	Motor eléctrico	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	DTS
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MRV01	Reductor de velocidad	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER

Sistema		Dobladora hidráulica Cimatic (DH02)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MEP01	Estructura de plegadora	Presencia de impurezas en estructura por operación normal	PIE
		Vibración mecánica de estructuras por operación normal	VME
		Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	RVC
		Fricción elevada de guía del ariete, husillos madre cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros por falta de una aplicación periódica de grasa	FEL
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MBH01	Bomba hidráulica	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA
MSH01	Sistema hidráulico	Filtro saturado de impurezas por operación normal	FSI
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM
		Rotura o desgaste de juntas tóricas por degradación natural	RDJ

		Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	DAT
		Trampa magnética saturada de partículas ferrosas por operación normal	TMS
ECC01	Sistema de control	Desajuste de elementos internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando.	DPE
		Desajuste de contactos de elementos de tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Desajuste de elementos internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA
		Configuración incorrecta de los interruptores límites	CII
		Falta de accionamiento de las válvulas solenoides para el control de la circulación del aceite hidráulico por desgaste natural	FVS

Sistema		Dobladora hidráulica Niagara (DH03)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MEP01	Estructura de plegadora	Presencia de impurezas en estructura por operación normal	PIC
		Vibración mecánica en estructura por operación normal	VME
		Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	RVC
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MBH01	Bomba hidráulica	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA
MSH01	Sistema hidráulico	Filtro saturado de impurezas por operación normal	FSI
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM
		Rotura o desgaste de juntas tóricas por degradación natural	RDJ
		Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	DAT
		Trampa magnética saturada de partículas ferrosas por operación normal	TMS
ECC01	Sistema de control	Desajuste de elementos internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando.	DPE
		Desajuste de contactos de elementos de tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC
		Desajuste de elementos internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA
		Fricción de poleas con impurezas por falta de una limpieza periódica	FPI
		Configuración incorrecta de los interruptores límites	CII
		Falta de accionamiento de las válvulas solenoides para el control de la circulación del aceite hidráulico por desgaste natural	FVS

Sistema		Cizalla hidráulica (CH02)	
Equipos		Racionalización y revisión	
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Presencia de impurezas en estructura por operación normal	PIE
		Rozamiento de cuchillas con placas metálicas por operación normal	RCP
		Desajuste de protecciones por vibración mecánica	DPR
		Vibración mecánica por operación normal	VME
		Holgura fuera del rango de operación entre cuchilla y guía de ariete por desajuste	HFR
		fricción elevada de husillo de recalibración por falta de una aplicación periódica de grasa	FHR
EME01	Motor de accionamiento principal	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
MST01	Sistema de transmisión por bandas	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT

MCR01	Caja de detección hidráulica por leva	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD
		Taponamiento de filtro de impurezas por operación normal	TFI
MCT01	Caja de transmisión principal	Insuficiente aceite por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAC
EME02	Motor de calibración trasera	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB
MSL01	Sistema de lubricación	Insuficiente aceite del depósito por operación normal	IAD
MEB01	Embrague	Insuficiente presión de aire por elevado consumo de aire en la planta	IPA
		Insuficiente aceite del depósito por operación normal	IAD
MFF01	Freno de fricción	Fricción de disco del freno por operación normal	FDL
		fricción elevada en pasador del rodillo por falta de una aplicación periódica de grasa	FPR
ESC01	Sistema de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEC
		Desajuste de elemento internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA
		Desajuste de elemento internos del pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPE
MCB01	Contrabalancee de RAM	Fatiga en elementos internos de del contrabalancee de RAM por operación normal	FRA

Sistema	CNC de corte por chorro de agua FLOW (CF01)		
Equipos	Racionalización y revisión		
Código	Descripción	Modos de falla	Código
MBH01	Bomba hidráulica	Fricción de elementos internos con impurezas por presencia de éstas en el fluido	FEI
		Insuficiente aceite lubricante por fugas	IAL
		Fricción elevada en elementos internos por degradación de características del aceite	FDA
		Fricción de elementos internos por operación normal	FPA
		Fricción de elementos internos por operación normal	FPM
MSH01	Sistema hidráulico	Saturación de cartuchos para filtración de impurezas del agua por operación normal	SCF
		Fricción entre fluido de alta presión y las uniones, válvulas y ductos de circulación por operación normal	FFP
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT
MTA01	Tolva de abrasivo	Fricción entre abrasivo y ducto de circulación por operación normal	FDC
ECO01	Controlador CNC	Presencia de impurezas en los circuitos eléctricos	PIC
		Bajo aislamiento en los cables por desgaste natural	BAI
MCC01	Cabezal de corte	Fricción de elementos internos por operación normal	FPP
		Taponamiento de orificio de rubí y tubo de mezcla por presencia de impurezas	TOT

ANEXO G: EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS POR MODO DE FALLA

Sistema		Roladora (RO01)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
MER01	Estructura de la roladora	Rozamiento de rodillos con impurezas por acumulación de estas en la misma	RRI	Operacional
		Insuficiente grasa en engranaje de acople de rodillos a caja reductora	IGE	Operacional
		Insuficiente grasa en bujes por falta de una aplicación periódica de grasa	IGB	Operacional
		Insuficiente grasa en guías y tornillos de regulación por falta de una aplicación periódica de grasa	IGG	Operacional
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de operación y calibres de conductores inferiores	DEC	Seguridad
		Desajuste de elemento internos y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA	Seguridad
MST01	Sistema de transmisión por banda entre motor y rodillos	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT	Operacional
MRV01	Reductor de velocidad	Degradación de características del aceite por deterioro natural	DAC	Operacional
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB	Operacional
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional

Sistema		Tornillo sin fin de granalla (TS01)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEC	Seguridad
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	TVE	Operacional
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
MST01	Sistema de transmisión por banda de reductor a polea de tornillo sin fin	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT	Operacional
MTS01	Estructura del tornillo sin fin	Insuficiente grasa en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	FRC	Operacional
		Elevada carga sobre los anillos del tornillo sin fin por operación inadecuada	ECA	Operacional
MRV01	Reductor de velocidad	Degradación de características del aceite por deterioro natural	DAC	Operacional
MMA01	Matrimonio entre reductor motor	Desalineación de ejes por mal montaje	DEJ	Operacional

Sistema		Extractor de polvo de granalla (EP01)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia

ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEJ	Seguridad
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB	Operacional
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT	Operacional
MVE01	Ventilador	Insuficiente grasa en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	FRC	Operacional
MTO01	Tolva	Presencia de un ambiente corrosivo en la tolva	DES	Seguridad

Sistema		Sala de explosión de granalla (SA01)		
Evaluación de las consecuencias por modo de falla				
Modos de falla		Código	Consecuencia	
Fricción y excesiva carga sobre las placas de filtración de granalla por		FPF	Operacional	
Choque continuo de vidrio con partículas de granalla por operación normal		CCV	Seguridad	
Presencia de impurezas en el casco del operador por la continua exposición con la granalla		ICA	Operacional	
Rozamiento entre granalla con boquillas y mangueras del chorro de granalla por el continuo flujo a presión de este abrasivo		RBM	Seguridad	
Rozamiento entre granalla con mangueras de flujo de aire por el continuo contacto con la granalla		RMA	Seguridad	
Taponamiento del filtro de impurezas y humedad del medio ambiente por operación normal		TFI	Seguridad	

Sistema		Rebordeadora (RE01)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
MES01	Estructura de la rebordeadora	Presencia de impurezas en estructura por operación normal	PIE	Operacional
		Vibración mecánica de estructura por operación normal	VME	Operacional
		Insuficiente grasa en parte móviles por falta de una aplicación periódica de grasa	IGP	Operacional
		Fricción entre matrices de formado de bases y placas metálicas por desgaste natural	FMP	Operacional
EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB	Operacional
MBH01	Bomba hidráulica Vickers	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA	Operacional
EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB	Operacional
MRV01	Reductor de velocidad Morse	Insuficiente nivel de aceite lubricante por presencia de fugas	FER	Operacional
ESC01	Sistema de control	Desajuste de contactos por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC	Seguridad
MSH01	Sistema hidráulico	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD	Operacional

		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM	Seguridad
		Taponamiento del filtro de impurezas por operación normal	TFI	Operacional
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT	Operacional

Sistema		Prensa hidráulica Pacific (PH01)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Rozamiento de guías del deslizador con impurezas	RGI	Operacional
		Vibración mecánica por operación normal	VME	Operacional
		Rozamiento entre guía y deslizador por falta de una aplicación periódica de grasa	RGG	Operacional
		Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	RVC	Operacional
		Desajuste de las cuñas por vibración mecánica	DCU	Operacional
MBH01	Bomba hidráulica	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA	Operacional
MST01	Sistema de transmisión por matrimonio entre motor y bomba	Desalineación de ejes por mal montaje	DEJ	Operacional
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
MSH01	Sistema hidráulico	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD	Operacional
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM	Operacional
		Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	DAT	Operacional
		Calibración incorrecta de las válvulas de control límite de presión	CIV	Seguridad
		Taponamiento del filtro de impurezas por operación normal	TFI	Operacional
		Características inadecuadas de operación del aceite por presencia de agua en éste	CIA	Operacional
MSC01	Sistema de control	Configuración incorrecta de los interruptores límites	CII	Seguridad
		Desajuste de contactos en elementos de tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC	Seguridad
		Desajuste de elementos internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	DEP	Seguridad

Sistema		Viga principal del puente grúa (VP01)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
MEG01	Viga principal	Presencia de impurezas en los rieles por la continua exposición con el medio ambiente	PIE	Seguridad
ECC01	Caja de control	Presencia de impurezas en la caja de control por la continua exposición con el medio ambiente	PIC	Operacional
		Sobre corriente en el circuito eléctrico por presencia de anomalías	SCC	Seguridad
		Desajuste de contactos en elementos de tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC	Operacional

		Holgura entre porta fusibles y fusibles por vibración mecánica	HPF	Operacional
ECT01	Controlador	Perdida de aislamiento y rotura de alambres de circulación de corriente por degradación natural	PAR	Operacional
ECO01	Colector de corriente	Fricción entre escobillas con guía de colector de corriente por operación normal	FEG	Operacional

Sistema		Polipasto del puente grúa (PP01)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
EME01	Motor eléctrico para movimiento transversal del polipasto	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE	Operacional
MRV01	Reductor de velocidad de movimiento transversal del polipasto	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER	Operacional
MFE01	Freno desplazamiento transversal del polipasto	Fricción en disco de freno por operación normal	FDL	Seguridad
EME02	Motor eléctrico elevador del polipasto	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	TVE	Operacional
MRV02	Reductor de velocidad de elevador del polipasto	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER	Operacional
EFE02	Freno de elevador del polipasto	Fricción en disco de freno por operación normal	FDL	Seguridad
MST01	Sistema de transmisión entre reductor y tambor de elevador	Fricción elevada en sistema de transmisión por falta de una aplicación periódica de grasa	FST	Operacional
MCA01	Carro de polipasto	Presencia de impurezas por la continua exposición con el medio ambiente	PIE	Operacional
		Excesiva carga por operación inadecuada	ECA	Operacional
		Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	RRR	Seguridad
		Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	FEC	Seguridad
MSE01	Sistema de elevación de carga	Rozamiento continuo del cable de elevación por operación normal	RCE	Seguridad
		Fricción elevada del cable de elevación por falta de una aplicación periódica de lubricante	FCE	Seguridad
		Rozamiento entre cable y polea por operación normal	RPC	Seguridad
		Fatiga en el gancho por operación normal	FGA	Seguridad
		Rozamiento entre el cable de elevación y las ranuras del tambor por operación normal	RRT	Operacional
		Fricción elevada en acople de cable por falta de una aplicación periódica de grasa	FAC	Operacional
		Fricción elevada entre eje y cojinete del tambor por falta de una aplicación periódica de grasa	FCT	Operacional
ECE01	Caja de control del polipasto	Desgaste de contactos por operación normal	DCO	Operacional
		Holgura entre porta fusibles y fusibles por vibración mecánica	HPF	Operacional

Sistema		Testero del puente grúa (TT01)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia

MTE01	Estructura del testero	Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	RRR	Seguridad
		Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	FEC	Seguridad
		Rozamiento de los topes por operación normal	RTO	Operacional
		Presencia de impurezas en los rieles por exposición con el medio ambiente	PIR	Seguridad
EME01	Motor eléctrico	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	DTS	Operacional
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Seguridad
MRV01	Reductor de velocidad	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER	Seguridad

Sistema		Testero del puente grúa (TT02)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
MTE01	Estructura del testero	Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	RRR	Seguridad
		Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	FEC	Seguridad
		Rozamiento de los topes por operación normal	RTO	Operacional
		Presencia de impurezas en los rieles por exposición con el medio ambiente	PIR	Seguridad
EME01	Motor eléctrico	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	DTS	Operacional
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Seguridad
MRV01	Reductor de velocidad	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	FER	Seguridad

Sistema		Dobladora hidráulica Cimatic (DH02)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
MEP01	Estructura de plegadora	Presencia de impurezas por operación normal	PIE	Operacional
		Vibración mecánica por operación normal	VME	Operacional
		Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	RVC	Operacional
		Fricción elevada de guía del ariete, husillos madre cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros por falta de una aplicación periódica de grasa	FEL	Operacional
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
MBH01	Bomba hidráulica	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA	Operacional
MSH01	Sistema hidráulico	Filtro saturado de impurezas por operación normal	FSI	Operacional
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM	Operacional
		Rotura o desgaste de juntas tóricas por degradación natural	RDJ	Operacional
		Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD	Operacional
		Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	DAT	Operacional
		Trampa magnética saturada de partículas ferrosas por operación normal	TMS	Operacional
ECC01	Sistema de control	Desajuste de elementos internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPE	Seguridad

		Desajuste de contactos en elementos de tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC	Seguridad
		Desajuste de elemento internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA	Seguridad
		Configuración incorrecta de los interruptores límites	CII	Operacional
		Falta de accionamiento de las válvulas solenoides para el control de la circulación del aceite hidráulico por desgaste natural	FVS	Operacional

Sistema		Dobladora hidráulica Niagara (DH03)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
MEP01	Estructura de plegadora	Presencia de impurezas por operación normal	PIC	Operacional
		Vibración mecánica por operación normal	VME	Operacional
		Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	RVC	Operacional
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
MBH01	Bomba hidráulica	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	RPA	Operacional
MSH01	Sistema hidráulico	Filtro saturado de impurezas por operación normal	FSI	Operacional
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	RDM	Operacional
		Rotura o desgaste de juntas tóricas por degradación natural	RDJ	Operacional
		Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD	Operacional
		Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	DAT	Operacional
		Trampa magnética saturada de partículas ferrosas por operación normal	TMS	Operacional
ECC01	Sistema de control	Desajuste de elemento internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPE	Seguridad
		Desajuste de contactos de elementos del tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	DEC	Seguridad
		Desajuste de elemento internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA	Seguridad
		Fricción de poleas con impurezas por falta de una limpieza periódica	FPI	Operacional
		Configuración incorrecta de los interruptores límites	CII	Operacional
		Falta de accionamiento de las válvulas solenoides para el control de la circulación del aceite hidráulico por desgaste natural	FVS	Operacional

Sistema		Cizalla hidráulica (CH02)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Presencia de impurezas por operación normal	PIE	Operacional
		Rozamiento de cuchillas con placas metálicas por operación normal	RCP	Operacional
		Desajuste de protecciones por vibración mecánica	DPR	Seguridad
		Vibración mecánica por operación normal	VME	Operacional
		Holgura fuera del rango de operación entre cuchilla y guía de ariete por desajuste	HFR	Operacional

		Fricción elevada de husillo de recalibración por falta de una aplicación periódica de grasa	FHR	Operacional
EME01	Motor de accionamiento principal	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB	Operacional
MST01	Sistema de transmisión por bandas	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT	Operacional
MCR01	Caja de detección hidráulica por leva	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAD	Operacional
		Taponamiento de filtro de impurezas por operación normal	TFI	Operacional
MCT01	Caja de transmisión principal	Insuficiente aceite por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	IAC	Operacional
EME02	Motor de calibración trasera	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	BAB	Operacional
MSL01	Sistema de lubricación	Insuficiente aceite del depósito por operación normal	IAD	Operacional
MEB01	Embrague	Insuficiente presión de aire por elevado consumo de aire en la planta	IPA	Operacional
		Insuficiente aceite del depósito por operación normal	IAD	Operacional
MFF01	Freno de fricción	Fricción de disco del freno por operación normal	FDF	Operacional
		fricción elevada en pasador del rodillo por falta de una aplicación periódica de grasa	FPR	Operacional
ESC01	Sistema de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	DEC	Seguridad
		Desajuste de elemento internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPA	Seguridad
		Desajuste de elemento internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	DPE	Seguridad
MCB01	Contrabalancee de RAM	Fatiga en elementos internos del contrabalancee de RAM por operación normal	FRA	Seguridad

Sistema		CNC de corte por chorro de agua FLOW (CF01)		
Equipos		Evaluación de las consecuencias por modo de falla		
Código	Descripción	Modos de falla	Código	Consecuencia
MBH01	Bomba hidráulica	Fricción de elementos internos con impurezas por presencia de éstas en el fluido	FEI	Operacional
		Insuficiente aceite lubricante por fugas	IAL	Operacional
		Fricción elevada en elementos internos por degradación de características del aceite	FDA	Operacional
		Fricción de elementos internos por operación normal	FPA	Operacional
		Fricción de elementos internos por operación normal	FPM	Operacional
MSH01	Sistema hidráulico	Saturación de cartuchos para filtración de impurezas del agua por operación normal	SCF	Operacional
		Fricción entre fluido de alta presión y las uniones, válvulas y ductos de circulación por operación normal	FFP	Seguridad
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	ARO	Operacional

MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	TDT	Operacional
MTA01	Tolva de abrasivo	Fricción entre abrasivo y ducto de circulación por operación normal	FDC	Operacional
ECO01	Controlador CNC	Presencia de impurezas en los circuitos eléctricos	PIC	Seguridad
		Bajo aislamiento en los cables por desgaste natural	BAI	Seguridad
MCC01	Cabezal de corte	Fricción de elementos internos por operación normal	FPP	Seguridad
		Taponamiento de orificio de rubí y tubo de mezcla por presencia de impurezas	TOT	Operacional

ANEXO H: IDENTIFICACIÓN DE LAS NUEVAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

Nota: Este anexo usa las siguientes abreviaciones: C Consecuencia, O Operacional S Seguridad, T Tipo de tarea, Tc Tarea a condición, Su Sustitución, Re Reacondicionamiento.

Sistema		Roladora (RO01)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
MER01	Estructura de la roladora	Rozamiento de rodillos con impurezas por acumulación de estas en la misma	O	RE	Limpiar rodillos	Operador	Diario
		Insuficiente grasa en engranaje de acople de rodillos a caja reductora	O	RE	Aplicar grasa en engranaje de acople de rodillos a caja reductora	Mecánico	4 semanas
		Insuficiente grasa en bujes por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa a los bujes que sujetan a los tres rodillos	Mecánico	12 semanas
		Insuficiente grasa en guías y tornillos de regulación por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa en guías y tornillos de regulación	Mecánico	12 semanas
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de operación y calibres de conductores inferiores	S	TC	Inspección termográfica al tablero de control	Eléctrico	12 semanas
		Desajuste de elemento internos y pérdida de aislamiento en cable de mando	S	TC	Verificar el correcto funcionamiento del paro de emergencia y cable de mando	Eléctrico	12 semanas
MST01	Sistema de transmisión por banda entre motor y polea de rodillos	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	O	TC	Inspeccionar visualmente el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas
MRV01	Reductor de velocidad	Degradación de características del aceite por deterioro natural	O	SU	Cambiar el aceite	Mecánico	42 semanas
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	O	TC	Medir el aislamiento de los bobinados	Eléctrico	52 semanas

		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas
--	--	----------------------------------------------------	---	----	----------------------------------------------------------------------------	-----------	------------

Sistema		Tornillo sin fin de granalla (TS01)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Frecuencia	Responsable
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	S	TC	Inspección termográfica al tablero de control	12 semanas	Eléctrico
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	O	TC	Medir el aislamiento de los bobinados	52 semanas	Eléctrico
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	26 semanas	Eléctrico
MST01	Sistema de transmisión por banda entre reductor y tornillo sin fin	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	O	TC	Inspeccionar visualmente el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	12 semanas	Mecánico
MTS01	Estructura de tornillo sin fin	Insuficiente grasa en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Limpiar y aplicar grasa en las chumaceras	12 semanas	Mecánico
		Elevada carga sobre los anillos del tornillo sin fin por operación inadecuada	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado del tornillo sin fin	4 semanas	Mecánico
MRV01	Reductor de velocidad	Degradación de características del aceite por deterioro natural	O	SU	Cambiar el aceite	42 semanas	Mecánico
MMA01	Matrimonio entre reductor y motor	Desalineación de ejes por mal montaje	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de ejes	26 semanas	Eléctrico

Sistema	Extractor de polvo de granalla (EP01)
----------------	---------------------------------------

Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Frecuencia	Responsable
ETC01	Tablero de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	S	TC	Inspección termográfica al tablero de control	12 semanas	Eléctrico
EME01	Motor eléctrico	Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	O	TC	Medir el aislamiento de los bobinados	52 semanas	Eléctrico
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	26 semanas	Eléctrico
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	O	TC	Inspeccionar el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	12 semanas	Mecánico
MVE01	Ventilador	Insuficiente grasa en las rodaduras de las chumaceras por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Limpiar y aplicar grasa en las chumaceras	12 semanas	Mecánico
MTO01	Tolva	Presencia de un ambiente corrosivo en la tolva	S	TC	Inspeccionar visualmente el exterior de la tolva para detectar si existe corrosión	52 semanas	Mecánico

Sistema		Sala de explosión de granalla (SA01)					
Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento							
Modos de falla	C	T	Nuevas tareas			Responsable	Frecuencia
Fricción y excesiva carga sobre las placas de filtración de granalla por	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las placas metálicas que filtran la granalla			6 semanas	Mecánico
Choque continuo de vidrio con partículas de granalla por operación normal	S	TC	Inspeccionar visualmente el estado de vidrios que sostienen a cada foco de la sala			12 semanas	Eléctrico
Presencia de impurezas en el casco del operador por la continua exposición con la granalla	O	RE	Limpiar el casco de protección y respiración del operador			Diario	Operador
Rozamiento entre granalla con boquillas y mangueras del chorro de granalla por el continuo flujo a presión de este abrasivo	S	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las boquillas y mangueras del chorro de granalla			3 semanas	Mecánico

Rozamiento entre granalla con mangueras de flujo de aire por el continuo contacto con la granalla	S	TC	Inspeccionar visualmente el estado de la manguera de aire que conecta con el casco del operador	Semanal	Mecánico
Taponamiento del filtro de impurezas y humedad del medio ambiente por operación normal	S	TC	Inspeccionar visualmente el estado del filtro de aire del purificador	12 semanas	Mecánico

Sistema		Rebordeadora (RE01)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
MES01	Estructura de la rebordeadora	Presencia de impurezas por operación normal	O	RE	Limpiar la estructura del rebordeador	Operador	Diario
		Vibración mecánica por operación normal	O	RE	Reajustes mecánicos de la estructura del rebordeador	Mecánico	12 semanas
		Insuficiente grasa en parte móviles por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa en partes móviles	Mecánico	12 semanas
		Fricción entre matrices de formado de bases y placas metálicas por desgaste natural	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las matrices y reajustar las mismas	Mecánico	12 semanas
EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	RE	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	O	TC	Medir el aislamiento de los bobinados mediante un megóhmetro	Eléctrico	52 semanas
MBH01	Bomba hidráulica Vickers	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	O	TC	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas
EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	O	TC	Medir el aislamiento de los bobinados mediante un megóhmetro	Eléctrico	52 semanas

MRV01	Reductor de velocidad Morse	Insuficiente nivel de aceite lubricante por presencia de fugas	O	TC	Verificar el nivel de aceite del reductor	Mecánico	12 semanas
ESC01	Sistema de control	Desajuste de contactos de elementos del tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	S	TC	Aplicar una inspección termográfica de la caja de control	Eléctrico	12 semanas
MSH01	Sistema hidráulico	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	O	TC	Inspeccionar visualmente que el depósito cuente con el nivel de aceite adecuado	Mecánico	4 semanas
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus uniones	Mecánico	4 semanas
		Taponamiento del filtro de impurezas por operación normal	O	TC	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del filtro de retención de impurezas	Mecánico	4 semanas
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	O	TC	Inspeccionar visualmente el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas

Sistema		Prensa hidráulica Pacific (PH01)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Rozamiento de guías del deslizador con impurezas	O	RE	Limpiar la estructura de la prensa hidráulica	Operador	Diario
		Vibración mecánica por operación normal	O	RE	Reajustes mecánicos de la estructura	Mecánico	4 semanas
		Rozamiento entre guía y deslizador por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa en las partes móviles del deslizador	Mecánico	Semanal
		Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	O	TC	Verificar que la varilla del pistón presente una correcta lubricación	Mecánico	4 semanas
		Desajuste de las cuñas por vibración mecánica	O	RE	Calibrar las 8 cuñas para que el espacio entre guías	Mecánico	12 semanas

					deslizantes y deslizador sea de 0,004 metros		
MBH01	Bomba hidráulica	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	O	TC	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas
MST01	Sistema de transmisión por matrimonio entre motor y bomba	Desalineación de ejes por mal montaje	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de ejes	Eléctrico	26 semanas
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas
MSH01	Sistema hidráulico	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	O	TC	Inspeccionar visualmente que el depósito cuente con el nivel de aceite adecuado	Mecánico	4 semanas
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus uniones	Mecánico	4 semanas
		Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	O	TC	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4 semanas
		Calibración incorrecta de las válvulas de control límite de presión	S	TC	Verificar que las válvulas de control límite de presión presente la capacidad requerida	Mecánico	12 semanas
		Taponamiento del filtro de impurezas por operación normal	O	TC	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del filtro de retención de impurezas	Mecánico	4 semanas
		Características inadecuadas de operación del aceite por presencia de agua en éste	O	RE	Drenar el agua que se encuentre presente en el depósito de aceite hidráulico	Mecánico	4 semanas
MSC01	Sistema de control	Configuración incorrecta de los interruptores límites	S	TC	Verificar que los interruptores límites de altura funcionen correctamente	Eléctrico	12 semanas
		Desajuste de contactos de elementos de	S	TC	Inspección termográfica de sobrecargas del	Eléctrico	12 semanas

		tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas			circuito eléctrico		
		Desajuste de elemento internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	S	TC	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	12 semanas

Sistema		Viga principal del puente grúa (VP01)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
MVP01	Viga principal	Presencia de impurezas en los rieles por la continua exposición con el medio ambiente	S	RE	Limpiar los rieles de desplazamiento del polipasto	Mecánico	26 semanas
ECC01	Caja de control	Presencia de impurezas en la caja de control por la continua exposición con el medio ambiente	O	RE	Limpiar la caja de control	Eléctrico	52 semanas
		Sobre corriente en el circuito eléctrico por presencia de anomalías	S	TC	Medir amperajes del circuito eléctrico	Eléctrico	26 semanas
		Desajuste de contactos de elementos de tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	O	RE	Reajuste de contactos	Eléctrico	26 semanas
		Holgura entre porta fusibles y fusibles por vibración mecánica	O	TC	Verificar que los fusibles se encuentren bien anclados a la porta fusibles	Eléctrico	26 semanas
ECO01	Controlador	Perdida de aislamiento y rotura de alambres de circulación de corriente por degradación natural	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de cable eléctrico entre botonera y caja de control	Eléctrico	26 semanas
EC001	Colector de corriente	Fricción entre escobillas con guía de colector de corriente por operación normal	O	TC	Verificar que exista un correcto contacto entre las canaletas de corriente y las escobillas del colector	Eléctrico	52 semanas

Sistema		Polipasto del puente grúa (PP01)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
EME01	Motor eléctrico para movimiento transversal del polipasto	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	O	TC	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas

MRV01	Reductor de velocidad de movimiento transversal del polipasto	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	O	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas
MFE01	Freno desplazamiento transversal del polipasto	Fricción en disco de freno por operación normal	S	RE	Regular el frenado	Mecánico	26 semanas
EME02	Motor eléctrico elevador del polipasto	Taponamiento del ventilador por presencia de impurezas en el medio ambiente	O	TC	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas
MRV02	Reductor de velocidad de elevador del polipasto	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	O	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas
EFE02	Freno de elevador del polipasto	Fricción en disco de freno por operación normal	S	RE	Regular el frenado	Mecánico	26 semanas
MST02	Sistema de transmisión entre reductor y tambor de elevador	Fricción elevada en sistema de transmisión por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa en el sistema de transmisión	Mecánico	52 semanas
MCA01	Carro	Presencia de impurezas por la continua exposición con el medio ambiente	O	RE	Limpiar la estructura del carro	Mecánico	26 semanas
		Excesiva carga por operación inadecuada	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de los amortiguadores	Mecánico	52 semanas
		Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	S	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las ruedas	Mecánico	52 semanas
		Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	S	RE	Aplicar grasa en los cojinetes de las ruedas del carro	Mecánico	13 semanas
MSE01	Sistema de elevación de carga	Rozamiento continuo del cable de elevación por operación normal	S	TC	Inspeccionar visualmente el estado del cable	Mecánico	13 semanas
		Fricción elevada del cable de elevación por falta de una aplicación	S	RE	Aplicar aceite lubricante en el cable	Mecánico	4 semanas

		periódica de lubricante					
		Rozamiento entre cable y polea por operación normal	S	TC	Inspeccionar visualmente el estado de la polea y la estructura que sujeta a ésta	Mecánico	26 semanas
		Fatiga en el gancho por operación normal	S	TC	Inspeccionar visualmente el estado del gancho	Mecánico	26 semanas
		Rozamiento entre el cable de elevación y las ranuras del tambor por operación normal	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las ranuras del tambor	Mecánico	52 semanas
		Fricción elevada en acople de cable por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa en el anclaje de cable e inspeccionar su estado	Mecánico	52 semanas
		Fricción elevada entre eje y cojinete del tambor por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa en el cojinete del tambor	Mecánico	52 semanas
ECE01	Caja de control del polipasto	Desgaste de contactos por operación normal	O	TC	Verificar el correcto accionamiento de los contactores	Eléctrico	26 semanas
		Holgura entre porta fusibles y fusibles por vibración mecánica	O	TC	Inspeccionar visualmente que los fusibles se encuentren bien anclados a la porta fusibles	Eléctrico	26 semanas

Sistema		Testero del puente grúa (TT01)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
MTE01	Estructura del testero	Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	S	TC	Inspeccionar el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Mecánico	26 semanas
		Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	S	RE	Aplicar grasa en los cojinetes de las ruedas de desplazamiento grasa lubricante	Mecánico	13 semanas
		Rozamiento de los topes por operación normal	O	TC	Inspeccionar el estado de los topes	Mecánico	26 semanas

		Presencia de impurezas en los rieles por exposición con el medio ambiente	S	RE	Limpiar los rieles	Mecánico	26 semanas
EME01	Motor eléctrico	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	O	TC	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	S	TC	Escuchar sonidos anormales de rozamiento de metales	Eléctrico	26 semanas
MRV01	Reductor de velocidad	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	S	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas

Sistema		Testero del puente grúa (TT02)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
MTE01	Estructura del testero	Rozamiento continuo entre ruedas y rieles por operación normal	S	TC	Inspeccionar el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Mecánico	26 semanas
		Fricción elevada en cojinetes de rodadura por falta de una aplicación periódica de grasa	S	RE	Aplicar grasa en los cojinetes de las ruedas de desplazamiento grasa lubricante	Mecánico	13 semanas
		Rozamiento de los topes por operación normal	O	TC	Inspeccionar el estado de los topes	Mecánico	26 semanas
		Presencia de impurezas en los rieles por exposición con el medio ambiente	S	RE	Limpiar los rieles	Mecánico	26 semanas
EME01	Motor eléctrico	Desajuste de tonillos de sujeción del ventilador por operación normal	O	TC	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas
		Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	S	TC	Escuchar sonidos anormales de rozamiento de metales	Eléctrico	26 semanas
MRV01	Reductor de velocidad	Fricción elevada en engranes del reductor por insuficiente nivel de aceite lubricante	S	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas

Sistema		Dobladora hidráulica Cimatic (DH02)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia

MEP01	Estructura de plegadora	Presencia de impurezas por operación normal	O	RE	Limpiar la estructura de la plegadora	Diario	Operador
		Vibración mecánica por operación normal	O	RE	Reajustes mecánicos de los elementos que sujetan a las cuchillas	Mecánico	52 semanas
		Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	O	TC	Verificar que cada varilla de los dos pistones presente una correcta lubricación	Mecánico	4 semanas
		Fricción elevada de guía del ariete, husillos madre cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa a guía del ariete, husillos madre cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros	Mecánico	4 semanas
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas
MBH01	Bomba hidráulica	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	O	TC	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas
MSH01	Sistema hidráulico	Filtro saturado de impurezas por operación normal	O	TC	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del filtro de retención de impurezas	Mecánico	6 semanas
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	O	TC	Inspeccionar el estado de las mangueras y sus uniones	Mecánico	6 semanas
		Rotura o desgaste de juntas tóricas por degradación natural	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las juntas tóricas	Mecánico	6 semanas
		Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	O	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite del depósito	Operador	4 semanas

		Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	O	TC	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4 semanas
		Trampa magnética saturada de partículas ferrosas por operación normal	O	RE	Limpiar la trampa magnética de abrasivos	Mecánico	52 semanas
ECC01	Sistema de control	Desajuste de elemento internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	S	TC	Verificar el estado del pedal de accionamiento y cable de mando	Eléctrico	4 semanas
		Desajuste de contactos de elementos del tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	S	TC	Aplicar una inspección termográfica en el tablero de control	Eléctrico	12 semanas
		Desajuste de elemento internos de paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	S	TC	Verificar el correcto funcionamiento del paro de emergencia y cable de mando	Eléctrico	4 semanas
		Configuración incorrecta de los interruptores límites	O	RE	Calibrar el funcionamiento de cada final de carrera	Eléctrico	26 semanas
		Falta de accionamiento de las válvulas solenoides para el control de la circulación del aceite hidráulico por desgaste natural	O	TC	Limpiar válvulas solenoides y verificar su funcionamiento	Eléctrico	26 semanas

Sistema		Dobladora hidráulica Niagara (DH03)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
MEP01	Estructura de plegadora	Presencia de impurezas por operación normal	O	RE	Limpiar la estructura de cizalla hidráulica	Diario	Operador
		Vibración mecánica por operación normal	O	RE	Reajustes mecánicos de elementos que sujetan a las cuchillas	Mecánico	52 semanas
		Rozamiento entre la varilla del pistón y cilindro por ausencia de aceite lubricante	O	TC	Verificar que cada varilla de los dos pistones presente una correcta lubricación	Mecánico	4 semanas

EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas
MBH01	Bomba hidráulica	Rozamiento de paletas con abrasivos por presencia de éstas en el aceite hidráulico	O	TC	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas
MSH01	Sistema hidráulico	Filtro saturado de impurezas por operación normal	O	TC	Inspeccionar visualmente el indicador de estado del filtro de retención de impurezas	Mecánico	6 semanas
		Rotura o desgaste de mangueras y uniones por degradación natural	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus uniones	Mecánico	6 semanas
		Rotura o desgaste de juntas tóricas por degradación natural	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado de las juntas tóricas	Mecánico	6 semanas
		Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	O	TC	Inspeccionar visualmente que el nivel de aceite sea el correcto en el depósito	Operador	4 semanas
		Degradación de características del aceite hidráulico por elevadas temperaturas de funcionamiento	O	TC	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4 semanas
		Trampa magnética saturada de partículas ferrosas por operación normal	O	RE	Limpiar la trampa magnética de impurezas	Mecánico	52 semanas
ECC01	Sistema de control	Desajuste de elemento internos de pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	S	TC	Verificar el estado del pedal de accionamiento y cable de mando	Eléctrico	4 semanas
		Desajuste de contactos de elementos de tablero de control por mal ajuste o vibraciones mecánicas	S	TC	Aplicar una inspección termográfica en el tablero de control	Eléctrico	12 semanas

		Desajuste de elemento internos del paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	S	TC	Verificar el correcto funcionamiento del paro de emergencia y cable de mando	Eléctrico	4 semanas
		Fricción de poleas con impurezas por falta de una limpieza periódica	O	RE	Limpiar poleas y cinta de control de nivel	Mecánico	4 semanas
		Configuración incorrecta de los interruptores límites	O	RE	Calibrar el funcionamiento de cada final de carrera	Eléctrico	26 semanas
		Falta de accionamiento de las válvulas solenoides para el control de la circulación del aceite hidráulico por desgaste natural	O	TC	Limpiar válvulas solenoides y verificar su funcionamiento	Eléctrico	26 semanas

Sistema		Cizalla hidráulica Cincinnati (CH02)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Frecuencia	Responsable
MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Presencia de impurezas por operación normal	O	RE	Limpiar la estructura de cizalla hidráulica	Diario	Operador
		Rozamiento de cuchillas con placas metálicas por operación normal	O	TC	Inspeccionar visualmente el desgaste de las cuchillas	4 semanas	Mecánico
		Desajuste de protecciones por vibración mecánica	S	TC	Inspeccionar visualmente el estado y la ubicación correcta de todos los protectores de seguridad	12 semanas	Mecánico
		Vibración mecánica por operación normal	O	RE	Reajustes mecánicos de las cuchillas, pistones y mesa de trabajo	12 semanas	Mecánico
		Holgura fuera del rango de operación entre cuchilla y guía de ariete por desajuste	O	TC	Verificar el juego que existe entre la cuchilla y guía del ariete	12 semanas	Mecánico
		Fricción elevada de husillo de recalibración por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa en el husillo de recalibración	4 semanas	Mecánico
EME01		Motor de accionamiento principal	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos,	26 semanas

					desbalance de cargas		
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	O	TC	Medir el aislamiento de los bobinados mediante un megóhmetro	52 semanas	Eléctrico
MST01	Sistema de transmisión por bandas	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	O	TC	Inspeccionar visualmente el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	12 semanas	Mecánico
MCR01	Caja de retención hidráulica por leva	Insuficiente aceite del depósito por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	O	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite del depósito	12 semanas	Mecánico
		Taponamiento de filtro de impurezas por operación normal	O	RE	Limpiar el filtro	52 semanas	Mecánico
MCT01	Caja de transmisión principal	Insuficiente aceite por la presencia de fugas en los elementos hidráulicos	O	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	12 semanas	Mecánico
EME02	Motor de calibración trasera	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	26 semanas	Eléctrico
		Bajo aislamiento de bobinados por sobrecalentamiento del motor o envejecimiento natural	O	TC	Medir el aislamiento de los bobinados mediante un megóhmetro	52 semanas	Eléctrico
MSL01	Sistema de lubricación	Insuficiente aceite del depósito por operación normal	O	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite del lubricador automático	4 semanas	Mecánico
MEB01	Embrague	Insuficiente presión de aire por elevado consumo de aire en la planta	O	TC	Verificar la presión de aire de operación para el embrague	4 semanas	Mecánico
		Insuficiente aceite del depósito por operación normal	O	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento	4 semanas	Mecánico
MFF01	Freno de fricción	Fricción de disco del freno por operación normal	O	TC	Verificar visualmente que el lugar donde se retiene el ariete sea el requerido, regular el freno de ser necesario	12 semanas	Mecánico

		Fricción elevada en pasador del rodillo por falta de una aplicación periódica de grasa	O	RE	Aplicar grasa al pasador del rodillo	4 semanas	Mecánico
ESC01	Sistema de control	Desajuste de contactos, elevada carga de funcionamiento y calibres de conductores inferiores	S	TC	Aplicar una inspección termográfica en el tablero de control	12 semanas	Eléctrico
		Desajuste de elementos internos del paro de emergencia y pérdida de aislamiento en cable de mando	S	TC	Verificar el correcto funcionamiento del paro de emergencia y cable de mando	4 semanas	Eléctrico
		Desajuste de elementos internos del pedal de accionamiento y pérdida de aislamiento en cable de mando	S	TC	Verificar el estado del pedal accionamiento y cable de mando	4 semanas	Eléctrico
MCB01	Contra balance de RAM	Fatiga en elementos internos de del contrabalancee de RAM por operación normal	S	TC	Verificar que no exista protuberancias en la carcasa exterior	4 semanas	Mecánico

Sistema		CNC de corte por chorro de agua FLOW (CF01)					
Equipos		Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento					
Código	Descripción	Modos de falla	C	T	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
MBH01	Bomba hidráulica	Fricción de elementos internos con impurezas por presencia de éstas en el fluido	O	TC	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas
		Insuficiente aceite lubricante por fugas	O	TC	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite de la bomba	Mecánico	4 semanas
		Fricción elevada en elementos internos por degradación de características del aceite	O	RE	Cambiar el aceite del cárter	Mecánico	52 semanas
		Fricción de elementos internos por operación normal	O	SU	Aplicar el paquete de mantenimiento menor 712101-1	Mecánico	9 semanas
		Fricción de elementos internos por operación normal	O	SU	Aplicar el paquete de mantenimiento mayor 712101-2	Mecánico	17 semanas
MSH01	Sistema hidráulico	Saturación de cartuchos para filtración de impurezas del agua por operación normal		SU	Cambiar cartuchos de filtración de agua	Mecánico	9 semanas

		Fricción entre fluido de alta presión y las uniones, válvulas y ductos de circulación por operación normal	S	TC	Inspeccionar visualmente que no exista agrietamientos y roturas en componentes y ductos de alta presión	Mecánico	4 semanas
EME01	Motor eléctrico	Agarrotamiento de rodamientos por desgaste natural	O	TC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas
MST01	Sistema de transmisión por banda	Tensado incorrecto de banda y desalineación de poleas por mal montaje	O	TC	Inspeccionar el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas
MTA01	Tolva de abrasivo	Fricción entre abrasivo y ducto de circulación por operación normal	O	TC	Verificar que no exista grietas o sesgos en la tubería de abrasivo	Mecánico	4 semanas
ECO01	Controlador CNC	Presencia de impurezas en los circuitos eléctricos	S	RE	Limpiar la parte externa del controlador CNC	Operador	Diario
		Bajo aislamiento en los cables por desgaste natural	S	TC	Aplicar una inspección termográfica a los circuitos eléctricos del controlador CNC	Eléctrico	12 semanas
MCC01	Cabezal de corte	Fricción de elementos internos por operación normal	S	SU	Aplicar el paquete de mantenimiento Pac-V, 015605-1	Mecánico	34 semanas
		Taponamiento de orificio de rubí y tubo de mezcla por presencia de impurezas	O	TC	Inspeccionar visualmente el estado del orificio de rubí y tubo de mezcla	Mecánico	4 semanas

ANEXO I: DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE SUSTITUCIÓN ÓPTIMA

Para determinar la frecuencia óptima de sustitución el primer paso es la determinación de los parámetros de Weibull que se presenta a continuación en base a lo expuesto en el Anexo A:

i	t _i	RM= (i-0,3)/(N+0,4)	Y= LN(LN(1/1- RM))	LN(ti-g)
1	572	0,0565	-2,8455	6,3491
2	578	0,1371	-1,9142	6,3596
3	582	0,2177	-1,4042	6,3665
4	587	0,2984	-1,0374	6,3750
5	594	0,3790	-0,7413	6,3869
6	599	0,4597	-0,4852	6,3953
7	603	0,5403	-0,2520	6,4019
8	608	0,6210	-0,0303	6,4102
9	613	0,7016	0,1901	6,4184
10	617	0,7823	0,4216	6,4249
11	621	0,8629	0,6867	6,4313
12	629	0,9435	1,0558	6,4441

i	R(t)	t	β	α	γ	R ²	r	F(t)
12	99,90%	504	36,7329	609	0	0,96	0,98	0,00%
	100,00%	18						

Luego de obtener los parámetros de Weibull se procede a determinar los costos de mantenimiento preventivo y correctivo por el modo de falla.

Datos	Cantidad	Unidad
α	608,7	Horas
β	36,7	
Días/semana	5	
Jornada	8	horas/día
Tiempo Requerido	2080	horas/año
Materiales y repuestos	\$178,24	USD
Número de técnicos	1	
Margen de contribución unitario MC _U	1200	USD/unidad
Capacidad de producción (C)	1	unidades/h

Costo del mantenimiento preventivo predeterminado (MPP)

Datos	Cantidad	Unidad
Horas hombre MPP (h/h)	0,25	horas
Duración MPP (TI)	0,25	horas
Costo de la hora hombre (Ch/h)	\$3,25	
Otros egresos		USD
Costo mano de obra MP	\$0,81	USD
Lucre Cesante	\$0,00	USD
Costo del MPP unitario	\$179,05	USD

Costo del mantenimiento correctivo (MC)

Datos	Cantidad	Unidad
Duración MC (TI)	0,4	horas
Otros egresos	\$0,00	USD
Lucre Cesante	\$480,00	USD
Costo del MC unitario	\$658,24	USD

Con los datos obtenidos anteriormente se procede a calcular el tiempo óptimo de sustitución como su costo esperado por unidad de tiempo.

Costos del Mantenimiento preventivo predeterminado

Modelo de sustitución a intervalos constantes

Datos	Cantidad	Unidad
Costos del MPP óptimo	\$0,35	USD/hora
R(tp) óptima	99,24%	
Tiempo de sustitución óptimo (tp)	533	horas

ANEXO J: AGRUPACIÓN Y REVISIÓN DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Rutina		Diaria		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
CF01-ECO01	Controlador CNC	Limpiar la parte externa del controlar CNC	Operador	Diario
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Limpiar la estructura de cizalla hidráulica	Operador	Diario
DH03-MEP01	Estructura de plegadora	Limpiar la estructura de la plegadora	Operador	Diario
DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Limpiar la estructura de la plegadora	Operador	Diario
RE01-MES01	Estructura de la rebordeadora	Limpiar la estructura de la rebordeadora	Operador	Diario
PH01-MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Limpiar la estructura de la prensa hidráulica	Operador	Diario
SA01	Sala de explosión	Limpiar el casco de protección y respiración del operador	Operador	Diario
RO01-MER01	Estructura de la roladora	Limpiar rodillos	Operador	Diario

Rutina		4 semanas		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
CF01-MTA01	Tolva de abrasivo	Verificar que no exista grietas o sesgos en la tubería de abrasivo	Mecánico	4 semanas
CF01-MCC01	Cabezal de corte	Inspeccionar visualmente el estado del orificio de rubí y tubo de mezcla	Mecánico	4 semanas
CF01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente que no exista agrietamientos y roturas en componentes y ductos de alta presión	Mecánico	4 semanas
CH02-ESC01	Sistema de control	Búsqueda de fallos del paro de emergencia y el cable de mando	Eléctrico	4 semanas
CH02-ESC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	4 semanas
CH02-MCB01	Contra balance de RAM	Verificar que no exista protuberancias en la carcasa exterior	Mecánico	4 semanas
CH02-MFF01	Freno de fricción	Aplicar grasa al pasador del rodillo	Mecánico	4 semanas
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Aplicar grasa en el husillo de recalibración	Mecánico	4 semanas
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Inspeccionar visualmente el desgaste de las cuchillas	Mecánico	4 semanas
CH02-MSL01	Sistema de lubricación	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite del lubricador automático	Mecánico	4 semanas
CH02-MEB01	Embrague	Verificar la presión de aire de operación para el embrague	Mecánico	4 semanas
CH02-MEB01	Embrague	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento	Mecánico	4 semanas
DH03-ECC01	Sistema de control	Limpiar poleas y cinta de control de nivel	Mecánico	4 semanas
DH03-MEP01	Estructura de plegadora	Verificar que cada varilla de los pistones presente una correcta lubricación	Mecánico	4 semanas
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	4 semanas
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4 semanas
DH03-ECC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	4 semanas
DH03-ECC01	Sistema de control	Búsqueda de fallo del accionamiento del paro de emergencia	Eléctrico	4 semanas

DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	4 semanas
EC01-MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Alinear el eje motriz que sujeta al tambor en contacto con la banda de cangilones	Mecánico	4 semanas

Rutina		4 semanas A		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Verificar que cada varilla de los dos pistones presente una correcta lubricación	Mecánico	4 semanas
DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Aplicar grasa en guía del ariete, husillos, cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros	Mecánico	4 semanas
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4 semanas
DH02-ECC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	4 semanas
DH02-ECC01	Sistema de control	Verificar el correcto funcionamiento del paro de emergencia y cable de mando	Eléctrico	4 semanas
RE01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el depósito del nivel de aceite	Mecánico	4 semanas
RE01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus uniones	Mecánico	4 semanas
RE01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del filtro de retención de impurezas	Mecánico	4 semanas
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4 semanas
PH01-MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Aplicar grasa en las partes móviles del deslizador	Mecánico	4 semanas
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente que el depósito cuente con el nivel de aceite adecuado	Mecánico	4 semanas
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus uniones	Mecánico	4 semanas
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del filtro de retención de impurezas	Mecánico	4 semanas
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Drenar el agua que se encuentre presente en el depósito de aceite hidráulico	Mecánico	4 semanas
PH01-MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Reajustes mecánicos de la estructura	Mecánico	4 semanas
PH01-MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Verificar que la varilla del pistón presente una correcta lubricación	Mecánico	4 semanas
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado de las boquillas y mangueras del chorro de granalla	Mecánico	4 semanas
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado de la manguera de aire que conecta con el casco del operador	Mecánico	4 semanas
TS01-MTS01	Estructura del tornillo sin fin	Inspeccionar visualmente el estado del tornillo sin fin	Mecánico	4 semanas
RO01-MER01	Estructura de la roladora	Aplicar grasa en engranaje de acople entre rodillos y caja reductora	Mecánico	4 semanas

Rutina		6 semanas		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de estado del filtro de retención de impurezas	Mecánico	6 semanas
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus conexiones	Mecánico	6 semanas
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las juntas tóricas	Mecánico	6 semanas

DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del filtro de retención de impurezas	Mecánico	6 semanas
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus conexiones	Mecánico	6 semanas
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las juntas tóricas	Mecánico	6 semanas
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado de las placas metálicas que filtran la granalla	Mecánico	6 semanas

Rutina		12 semanas		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
CF01-MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas
CF01-ECO01	Controlador CNC	Aplicar una inspección termográfica a los circuitos eléctricos del controlar CNC	Eléctrico	12 semanas
CH02-MFF01	Freno de fricción	Verificar visualmente el lugar donde se retiene el ariete, regular el freno de ser necesario	Mecánico	12 semanas
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Inspeccionar visualmente el estado y la ubicación correcta de todos los protectores de seguridad	Mecánico	12 semanas
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Reajustes mecánicos de las cuchillas, pistones de sujeción y mesa de trabajo	Mecánico	12 semanas
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Medir el juego que existe entre la cuchilla y guía del ariete	Mecánico	12 semanas
CH02-MST01	Sistema de transmisión por bandas	Inspeccionar visualmente el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas
CH02-MCR01	Caja de retención hidráulica por leva	Inspeccionar visualmente nivel de aceite del deposito	Mecánico	12 semanas
CH02-MCT01	Caja de transmisión principal	Inspeccionar visualmente nivel de aceite	Mecánico	12 semanas
CH02-ESC01	Sistema de control	Aplicar una inspección termográfica en el tablero de control	Eléctrico	12 semanas
DH03-ECC01	Sistema de control	Aplicar una inspección termográfica en el tablero de control	Eléctrico	12 semanas
DH02-ECC01	Sistema de control	Aplicar una inspección termográfica en el tablero de control	Eléctrico	12 semanas
RE01-MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar visualmente el tensado, alineación del sistema de transmisión y estado de las poleas y banda	Mecánico	12 semanas
RE01-MRV01	Reductor de velocidad Morse	Verificar el nivel de aceite	Mecánico	12 semanas
RE01-MES01	Estructura de la rebordeadora	Reajustes mecánicos de la estructura de la rebordeadora	Mecánico	12 semanas
RE01-MES01	Estructura de la rebordeadora	Aplicar grasa en partes móviles	Mecánico	12 semanas
RE01-MES01	Estructura de la rebordeadora	Inspeccionar visualmente el estado de las matrices y reajustar de ser requerido	Mecánico	12 semanas
RE01-ESC01	Sistema de control	Aplicar una inspección termográfica de la caja de control	Eléctrico	12 semanas
PH01-MSC01	Sistema de control	Verificar que los interruptores límites de altura funcionen correctamente	Eléctrico	12 semanas
EC01-MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar visualmente el tensado, alineación y desgaste de las poleas y banda	Mecánico	12 semanas
EC01-MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Inspeccionar visualmente cada cangilón para detectar si presentan desgaste.	Mecánico	12 semanas

EC01-MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Inspeccionar visualmente el desgaste de los pernos que sujetan cada cangilón en la banda.	Mecánico	12 semanas
EC01-MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Limpiar y aplicar grasa en las chumaceras	Mecánico	12 semanas
EC01-ETC01	Tablero de control	Realizar una inspección termográfica al tablero de control	Eléctrico	12 semanas

Rutina		12 semanas A		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
PH01-MSC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	12 semanas
PH01-MSH04	Sistema hidráulico	Verificar que las válvulas de control límite de presión presente la capacidad requerida	Mecánico	12 semanas
PH01-MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Calibrar las 8 cuñas para que el espacio entre guías deslizantes y deslizador sea de 0,004 metros	Mecánico	12 semanas
PH01-MSC01	Sistema de control	Inspección termográfica de sobrecargas del circuito eléctrico	Eléctrico	12 semanas
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado del filtro de aire del purificador	Mecánico	12 semanas
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado de vidrios que sostienen a cada foco de la sala	Eléctrico	12 semanas
EP01-MVE01	Ventilador	Limpiar y aplicar grasa en las chumaceras	Mecánico	12 semanas
EP01-MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas
EP01-ETC01	Tablero de control	Aplicar una inspección termográfica al tablero de control	Eléctrico	12 semanas
TS01-MST01	Sistema de transmisión por banda entre reductor y tornillo sin fin	Inspeccionar visualmente el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas
TS01-MTS01	Estructura del tornillo sin fin	Limpiar y aplicar grasa en las chumaceras	Mecánico	12 semanas
TS01-ETC01	Tablero de control	Inspección termográfica al tablero de control	Eléctrico	12 semanas
RO01-ETC01	Tablero de control	Búsqueda de fallos en el paro de emergencia y cable de mando	Eléctrico	12 semanas
RO01-MER01	Estructura de la roladora	Aplicar grasa a los bujes que sujetan a los tres rodillos	Mecánico	12 semanas
RO01-MER01	Estructura de la roladora	Aplicar grasa en guías y tornillos de regulación	Mecánico	12 semanas
RO01-MST01	Sistema de transmisión por banda entre motor y rodillos	Inspeccionar visualmente el correcto tensado, alineación del sistema de transmisión y estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas
RO01-ETC01	Tablero de control	Realizar una inspección termográfica al tablero de control	Eléctrico	12 semanas

Rutina		13 semanas		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Aplicar aceite lubricante en el cable	Mecánico	13 semanas
PP01-MCA01	Carro del polipasto	Aplicar grasa en los cojinetes de las ruedas del carro	Mecánico	13 semanas
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar visualmente el estado del cable	Mecánico	13 semanas

TT01-MTE01	Estructura del testero	Aplicar grasa en los cojinetes de las ruedas de desplazamiento	Mecánico	13 semanas
TT02-MTE01	Estructura del testero	Aplicar grasa en los cojinetes de las ruedas de desplazamiento	Mecánico	13 semanas

Rutina		14 semanas		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
CF01-MSH01	Sistema hidráulico	Cambiar cartuchos de filtración de agua	Mecánico	14 semanas
CF01-MBH01	Bomba hidráulica	Aplicar el paquete de mantenimiento menor 712101-1	Mecánico	14 semanas

Rutina		26 semanas		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
CF01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
CF01-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Especialista	26 semanas
CH02-EME01	Motor de accionamiento principal	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
CH02-EME02	Motor de calibración trasera	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
DH03-ECC01	Sistema de control	Calibrar los parámetros de funcionamiento requeridos de cada final de carrera	Eléctrico	26 semanas
DH03-ECC01	Sistema de control	Limpiar válvulas solenoides y verificar su funcionamiento	Eléctrico	26 semanas
DH03-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
DH03-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Especialista	26 semanas
DH02-ECC01	Sistema de control	Calibrar parámetros de funcionamiento de cada final de carrera	Eléctrico	26 semanas
DH02-ECC01	Sistema de control	Limpiar válvulas solenoides y verificar su funcionamiento	Eléctrico	26 semanas
DH02-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
DH02-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Especialista	26 semanas

Rutina		26 semanas A		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
TT01-EME01	Motor eléctrico	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas
TT01-EME01	Motor eléctrico	Escuchar sonidos anormales de rozamiento de metales	Eléctrico	26 semanas
TT01-MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar visualmente el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Mecánico	26 semanas
TT01-MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar visualmente el estado de los topes	Mecánico	26 semanas
TT01-MRV01	Reductor de velocidad	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas
TT01-MTE01	Estructura del testero	Limpiar los rieles	Mecánico	26 semanas
TT02-EME01	Motor eléctrico	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas
TT02-EME01	Motor eléctrico	Escuchar sonidos anormales de rozamiento de metales	Eléctrico	26 semanas
TT02-MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar visualmente el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Mecánico	26 semanas

TT02-MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar visualmente el estado de los topes	Mecánico	26 semanas
TT02-MRV01	Reductor de velocidad	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas
TT02-MTE01	Estructura del testero	Limpiar los rieles	Mecánico	26 semanas
PP01-EME01	Motor eléctrico para movimiento transversal del polipasto	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas
PP01-EME02	Motor eléctrico elevador del polipasto	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas
PP01-ECE01	Caja de control del polipasto	Verificar el correcto accionamiento de los contactores	Eléctrico	26 semanas
PP01-ECE01	Caja de control del polipasto	Verificar que los fusibles se encuentren bien anclados a la porta fusibles	Eléctrico	26 semanas
PP01-MRV01	Reductor de velocidad de movimiento transversal del polipasto	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas
PP01-MFE01	Freno desplazamiento transversal del polipasto	Regular el frenado	Mecánico	26 semanas
PP01-MRV02	Reductor de velocidad de elevador del polipasto	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas
PP01-EFE02	Freno de elevador del polipasto	Regular el frenado	Mecánico	26 semanas
PP01-MCA01	Carro del polipasto	Limpiar la estructura del carro	Mecánico	26 semanas
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar visualmente el estado de la polea y la estructura que sujeta a ésta	Mecánico	26 semanas
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar visualmente el estado del gancho	Mecánico	26 semanas
VP01-MVP01	Viga principal	Limpiar los rieles de desplazamiento del polipasto	Mecánico	26 semanas
VP01-MVP01	Caja de control	Medir amperajes del circuito eléctrico	Eléctrico	26 semanas
VP01-MVP01	Caja de control	Reajuste de contactos	Eléctrico	26 semanas
VP01-MVP01	Caja de control	Verificar visualmente que los fusibles se encuentren bien anclados a la porta fusibles	Eléctrico	26 semanas
VP01-MVP01	Controlador	Inspeccionar visualmente el estado de cable eléctrico entre botonera y caja de control	Eléctrico	26 semanas
EC01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas

Rutina		26 semanas B		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
RE01-EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
RE01-EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
PH01-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Especialista	26 semanas
PH01-MST01	Sistema de transmisión por matrimonio entre motor y bomba	Analizar vibraciones de desalineación de ejes	Especialista	26 semanas
PH01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
EP01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas

TS01-MMA01	Matrimonio entre reductor motor	Analizar vibraciones de desalineación de ejes	Especialista	26 semanas
TS01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
RO01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas
DH02-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Especialista	26 semanas
RE01-MBH01	Bomba Hidráulica Vickers	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Especialista	26 semanas
RE01-MBH01	Bomba Hidráulica Vickers	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Especialista	26 semanas

Rutina		28 semanas		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
CF01-MBH01	Bomba hidráulica	Aplicar el paquete de mantenimiento mayor 712101-2	Mecánico	28 semanas

Rutina		42 semanas		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
TS01-MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar el aceite	Mecánico	42 semanas
RO01-MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar el aceite	Mecánico	42 semanas
EC01-MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar de aceite	Mecánico	42 semanas

Rutina		56 semanas		
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia
CF01-MCC01	Cabezal de corte	Aplicar el paquete de mantenimiento Pac-V, 015605-1	Mecánico	56 semanas

Dim Totalcolumnas As Integer

Range("h7:bg54").Cells.ClearContents

Totalfilas = Range("a7").End(xlDown).Row

Totalcolumnas = 59

For fila = 7 To Totalfilas

For columna = 7 + Cells(fila, 6).Value To Totalcolumnas Step Cells(fila, 5).Value

Cells(fila, columna).Value = Cells(fila, 7)

Next columna

Next fila


End Sub

Las tareas por realizar en cada semana se mostrarán en el submenú ejecución, en el cual al presionar en actualizar semana se muestra un menú donde se debe ingresar la semana del año a desarrollar para posterior a ello se devuelva cada una de las tareas programadas para ésta, esto se basa en el cronograma de ejecución. A continuación, se muestra imágenes respecto a su ejecución.

INICIO MANTENIMIENTO PREVENTIVO EFECTIVIDAD											EQUATRAN	
FICHAS TÉCNICAS	PRESUPUESTO	CRONOGRAMA	RUTINAS DE MANTENIMIENTO	INDICADOR	EJECUCIÓN	FRECUENCIA	BACKLOG	LIMPIAR SEMANA	ACTUALIZAR SEMANA	FINALIZAR SEMANA	Semana	
Código	Descripción	Tareas	Responsable	Frecuencia (semanas)	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)	18	Resultados

Ejecución semanal de mantenimiento preventivo

Ingresar semana de ejecución (1-52)



Aceptar

INICIO MANTENIMIENTO PREVENTIVO EFECTIVIDAD											EQUATRAN	
FICHAS TÉCNICAS	PRESUPUESTO	CRONOGRAMA	RUTINAS DE MANTENIMIENTO	INDICADOR	EJECUCIÓN	FRECUENCIA	BACKLOG	LIMPIAR SEMANA	ACTUALIZAR SEMANA	FINALIZAR SEMANA	Semana	
Código	Descripción	Tareas	Responsable	Frecuencia (semanas)	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)	18	Resultados
MM01-DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Verificar que cada varilla de los dos pistones presenten una correcta lubricación	Mecánico	4						5		
MM01-DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Aplicar grasa en guía del ariete, husillos, cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros	Mecánico	4		Brautek NLGI #2	20 gramos	0,43	Grasero	15		
MM01-DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4						5		
MM01-DH02-MSH01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	4						10		

ANEXO L: ASIGNACIÓN DE RECURSOS A NUEVAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

Rutina		Diario								
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)
CF01-ECO01	Controlador CNC	Limpiar la parte externa del controlar CNC	Operador	Diario		Guaipe	1 unidad	0,25		3
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Limpiar la estructura de cizalla hidráulica	Operador	Diario		Guaipe	1 unidad	0,25		3
DH03-MEP01	Estructura de plegadora	Limpiar la estructura de la plegadora	Operador	Diario		Guaipe	1 unidad	0,25		3
DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Limpiar la estructura de la plegadora	Operador	Diario		Guaipe	1 unidad	0,25		3
RE01-MES01	Estructura de la rebordeadora	Limpiar la estructura de la rebordeadora	Operador	Diario		Guaipe	1 unidad	0,25		3
PH01-MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Limpiar la estructura de la prensa hidráulica	Operador	Diario		Guaipe	1 unidad	0,25		4
SA01	Sala de explosión	Limpiar el casco de protección y respiración del operador	Operador	Diario		Exponga suave	1 unidad	0,50		5
RO01-MER01	Estructura de la roladora	Limpiar rodillos	Operador	Diario		Guaipe	1 unidad	0,25		3
Total, por ejecución de rutina								2,25		27

Rutina			4 semanas							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)
CF01-MTA01	Tolva de abrasivo	Verificar que no exista grietas o sesgos en la tubería de abrasivo	Mecánico	4 semanas						5
CF01-MCC01	Cabezal de corte	Inspeccionar visualmente el estado del orificio de rubí y tubo de mezcla	Mecánico	4 semanas						10
CF01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente que no exista agrietamientos y roturas en componentes y ductos de alta presión	Mecánico	4 semanas						15
CH02-ESC01	Sistema de control	Búsqueda de fallos del paro de emergencia y el cable de mando	Eléctrico	4 semanas	Multímetro					15

CH02-ESC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	4 semanas	Multímetro						16
CH02-MCB01	Contra balance de RAM	Verificar que no exista protuberancias en la carcasa exterior	Mecánico	4 semanas							10
CH02-MFF01	Freno de fricción	Aplicar grasa al pasador del rodillo	Mecánico	4 semanas		Brautek NLGI #2	6 gramos	0,13	Grasero		10
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Aplicar grasa en el husillo de recalibración	Mecánico	4 semanas		Brautek NLGI #2	15 gramos	0,32	Grasero		30
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Inspeccionar visualmente el desgaste de las cuchillas	Mecánico	4 semanas							15
CH02-MSL01	Sistema de lubricación	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite del lubricador automático	Mecánico	4 semanas							5
CH02-MEB01	Embrague	Verificar la presión de aire de operación para el embrague	Mecánico	4 semanas							5
CH02-MEB01	Embrague	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento	Mecánico	4 semanas							5
DH03-ECC01	Sistema de control	Limpiar poleas y cinta de control de nivel	Mecánico	4 semanas		Guaípe	1 unidad	0,75			10
DH03-MEP01	Estructura de plegadora	Verificar que cada varilla de los pistones presente una correcta lubricación	Mecánico	4 semanas							5
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	4 semanas							5
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4 semanas							5
DH03-ECC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	4 semanas							10
DH03-ECC01	Sistema de control	Búsqueda de fallo del accionamiento del paro de emergencia	Eléctrico	4 semanas							10
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	4 semanas							5
EC01-MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Alinear el eje motriz que sujeta al tambor en contacto con la banda de cangilones	Mecánico	4 semanas					Juego de llaves		20
Total, por ejecución de rutina								1,20			211

Rutina		4 semanas A								
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)
DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Verificar que cada varilla de los dos pistones presente una correcta lubricación	Mecánico	4 semanas						5
DH02-MEP01	Estructura de plegadora	Aplicar grasa en guía del ariete, husillos, cojinetes de la barra de torsión, caja de cambios caliente, barra guía del nivel posterior, cojinete de cilindros	Mecánico	4 semanas		Brautek NLGI #2	20 gramos	0,43	Grasero	15
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4 semanas						5
DH02-ECC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	4 semanas						10
DH02-ECC01	Sistema de control	Verificar el correcto funcionamiento del paro de emergencia y cable de mando	Eléctrico	4 semanas						10
RE01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el depósito del nivel de aceite	Mecánico	4 semanas						5
RE01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus uniones	Mecánico	4 semanas						10
RE01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del filtro de retención de impurezas	Mecánico	4 semanas						5
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Verificar la temperatura de operación del aceite hidráulico	Eléctrico	4 semanas						10
PH01-MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Aplicar grasa en las partes móviles del deslizador	Mecánico	4 semanas		Brautek NLGI #2	27 gramos	0,60	Grasero	15
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente que el depósito cuente con el nivel de aceite adecuado	Mecánico	4 semanas						5
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus uniones	Mecánico	4 semanas						10
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del filtro de retención de impurezas	Mecánico	4 semanas						5
PH01-MSH01	Sistema hidráulico	Drenar el agua que se encuentre presente en el depósito de aceite hidráulico	Mecánico	4 semanas					Llave 9/16	15
PH01-MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Reajustes mecánicos de la estructura	Mecánico	4 semanas					Dado 38mm, palanca de mando 3/4, hexagonal 6mm	20

PH01-MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Verificar que la varilla del pistón presente una correcta lubricación	Mecánico	4 semanas							5
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado de las boquillas y mangueras del chorro de granalla	Mecánico	4 semanas							15
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado de la manguera de aire que conecta con el casco del operador	Mecánico	4 semanas							15
TS01-MTS01	Estructura del tornillo sin fin	Inspeccionar visualmente el estado del tornillo sin fin	Mecánico	4 semanas							20
RO01-MER01	Estructura de la roldadora	Aplicar grasa en engranaje de acople entre rodillos y caja reductora	Mecánico	4 semanas		Brautek NLGI #2	8 gramos	0,17	Grasero		10
Total, por ejecución de rutina								1,20			210

Rutina			6 semanas								
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)	
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de estado del filtro de retención de impurezas	Mecánico	6 semanas						5	
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus conexiones	Mecánico	6 semanas						15	
DH03-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las juntas tóricas	Mecánico	6 semanas					Juego de hexagonales	30	
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el indicador de condición del filtro de retención de impurezas	Mecánico	6 semanas						5	
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las mangueras y sus conexiones	Mecánico	6 semanas						15	
DH02-MSH01	Sistema hidráulico	Inspeccionar visualmente el estado de las juntas tóricas	Mecánico	6 semanas					Juego de hexagonales	30	
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado de las placas metálicas que filtran la granalla	Mecánico	6 semanas						15	
Total, por ejecución de rutina								0,00		115	

Rutina			12 semanas							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo de ejecución (min)
CF01-MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas						10
CF01-ECO01	Controlador CNC	Aplicar una inspección termográfica a los circuitos eléctricos del controlador CNC	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica					30
CH02-MFF01	Freno de fricción	Verificar visualmente el lugar donde se retiene el ariete, regular el freno de ser necesario	Mecánico	12 semanas						10
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Inspeccionar visualmente el estado y la ubicación correcta de todos los protectores de seguridad	Mecánico	12 semanas						15
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Reajustes mecánicos de las cuchillas, pistones de sujeción y mesa de trabajo	Mecánico	12 semanas					Juego de llaves	20
CH02-MCH01	Estructura de cizalla hidráulica	Medir el juego que existe entre la cuchilla y guía del ariete	Mecánico	12 semanas					Galgas	10
CH02-MST01	Sistema de transmisión por bandas	Inspeccionar visualmente el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas						15
CH02-MCR01	Caja de retención hidráulica por leva	Inspeccionar visualmente nivel de aceite del depósito	Mecánico	12 semanas						10
CH02-MCT01	Caja de transmisión principal	Inspeccionar visualmente nivel de aceite	Mecánico	12 semanas						5
CH02-ESC01	Sistema de control	Aplicar una inspección termográfica en el tablero de control	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica				Destornillador plano	20

DH03-ECC01	Sistema de control	Aplicar una inspección termográfica en el tablero de control	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica						5
DH02-ECC01	Sistema de control	Aplicar una inspección termográfica en el tablero de control	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica						5
RE01-MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar visualmente el tensado, alineación del sistema de transmisión y estado de las poleas y banda	Mecánico	12 semanas							15
RE01-MRV01	Reductor de velocidad Morse	Verificar el nivel de aceite	Mecánico	12 semanas							5
RE01-MES01	Estructura de la rebordeadora	Reajustes mecánicos de la estructura de la rebordeadora	Mecánico	12 semanas					Juego de llaves		10
RE01-MES01	Estructura de la rebordeadora	Aplicar grasa en partes móviles	Mecánico	12 semanas		Brautek NLGI #2	14 gramos	0,30	Grasero		10
RE01-MES01	Estructura de la rebordeadora	Inspeccionar visualmente el estado de las matrices y reajustar de ser requerido	Mecánico	12 semanas					Juego de hexagonales		10
RE01-ESC01	Sistema de control	Aplicar una inspección termográfica de la caja de control	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica						15
PH01-MSC01	Sistema de control	Verificar que los interruptores límites de altura funcionen correctamente	Eléctrico	12 semanas	Multímetro						15
EC01-MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar visualmente el tensado, alineación y desgaste de las poleas y banda	Mecánico	12 semanas							15
EC01-MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Inspeccionar visualmente cada cangilón para detectar si presentan desgaste.	Mecánico	12 semanas							10
EC01-MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Inspeccionar visualmente el desgaste de los pernos que sujetan cada cangilón en la banda.	Mecánico	12 semanas							10
EC01-MEC01	Estructura del elevador de cangilones	Limpiar y aplicar grasa en las chumaceras	Mecánico	12 semanas		Brautek NLGI #2	8 gramos	0,17	Grasero		20
EC01-ETC01	Tablero de control	Realizar una inspección termográfica al tablero de control	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica						30

Total, por ejecución de rutina	0,47		320
--------------------------------	------	--	-----

Rutina			12 semanas A							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo de ejecución (min)
PH01- MSC01	Sistema de control	Verificar el estado del pedal y cable de mando	Eléctrico	12 semanas						10
PH01- MSH04	Sistema hidráulico	Verificar que las válvulas de control límite de presión presente la capacidad requerida	Mecánico	12 semanas						30
PH01- MEP01	Estructura de la prensa hidráulica	Calibrar las 8 cuñas para que el espacio entre guías deslizantes y deslizador sea de 0,004 metros	Mecánico	12 semanas					Dado 38mm, palanca de mando 3/4, hexagonal 6mm, llave, llave de 15 mm	30
PH01- MSC01	Sistema de control	Inspección termográfica de sobrecargas del circuito eléctrico	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica				Destornillador plano, llave 9/16	20
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado del filtro de aire del purificador	Mecánico	12 semanas						15
SA01	Sala de explosión	Inspeccionar visualmente el estado de vidrios que sostienen a cada foco de la sala	Eléctrico	12 semanas						20
EP01- MVE01	Ventilador	Limpiar y aplicar grasa en las chumaceras	Mecánico	12 semanas		Brautek NLGI #2	8 gramos	0,17	Grasero	20
EP01- MST01	Sistema de transmisión por banda	Inspeccionar el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas						15
EP01- ETC01	Tablero de control	Aplicar una inspección termográfica al tablero de control	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica					30

TS01-MST01	Sistema de transmisión por banda entre reductor y tornillo sin fin	Inspeccionar visualmente el correcto tensado y alineación del sistema de transmisión. Verificar el estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas							15
TS01-MTS01	Estructura del tornillo sin fin	Limpiar y aplicar grasa en las chumaceras	Mecánico	12 semanas		Guaiepe	1 unidad	0,75	Grasero		15
TS01-ETC01	Tablero de control	Inspección termográfica al tablero de control	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica						30
RO01-ETC01	Tablero de control	Búsqueda de fallos en el paro de emergencia y cable de mando	Eléctrico	12 semanas	Multímetro						5
RO01-MER01	Estructura de la roladora	Aplicar grasa a los bujes que sujetan a los tres rodillos	Mecánico	12 semanas		Brautek NLGI #2	8 gramos	0,17	Grasero		20
RO01-MER01	Estructura de la roladora	Aplicar grasa en guías y tornillos de regulación	Mecánico	12 semanas		Brautek NLGI #2	6 gramos	0,13	Grasero		10
RO01-MST01	Sistema de transmisión por banda entre motor y rodillos	Inspeccionar visualmente el correcto tensado, alineación del sistema de transmisión y estado de las poleas y la banda	Mecánico	12 semanas							15
RO01-ETC01	Tablero de control	Realizar una inspección termográfica al tablero de control	Eléctrico	12 semanas	Cámara termográfica						30
Total, por ejecución de rutina								1,22	Tiempo total		330

Rutina			13 semanas							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo de ejecución (min)
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Aplicar aceite lubricante en el cable	Mecánico	13 semanas		WD-40	0,5 litros	4,78	Aceitero	45
PP01-MCA01	Carro del polipasto	Aplicar grasa en los cojinetes de las ruedas del carro	Mecánico	13 semanas		Brautek NLGI #2	14 gramos	0,30	Grasero	20

PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar visualmente el estado del cable	Mecánico	13 semanas						20
TT01-MTE01	Estructura del testero	Aplicar grasa en los cojinetes de las ruedas de desplazamiento	Mecánico	13 semanas		Brautek NLGI #2	14 gramos	0,30	Grasero	10
TT02-MTE01	Estructura del testero	Aplicar grasa en los cojinetes de las ruedas de desplazamiento	Mecánico	13 semanas		Brautek NLGI #2	14 gramos	0,30	Grasero	10
Total, por ejecución de rutina								5,68		105

Rutina			14 semanas							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos materiales y	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)
CF01-MSH01	Sistema hidráulico	Cambiar cartuchos de filtración de agua	Mecánico	14 semanas		Filtro A-0056-1 0,5 MIC; 2 IN LG	2 unidades	178,24		15
CF01-MBH01	Bomba hidráulica	Aplicar el paquete de mantenimiento menor 712101-1	Mecánico	14 semanas		Paquete de mantenimiento menor 712101-1	1 unidad	749,00		45
Total, por ejecución de rutina								927,24		65

Las tareas correspondientes a análisis de vibraciones requieren de una contratación externa de este servicio.

Rutina			26 semanas							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)
CF01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10
CF01-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas						10
CH02-EME01	Motor de accionamiento principal	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10

CH02-EME02	Motor de calibración trasera	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10
DH03-ECC01	Sistema de control	Calibrar los parámetros de funcionamiento requeridos de cada final de carrera	Eléctrico	26 semanas						15
DH03-ECC01	Sistema de control	Limpiar válvulas solenoides y verificar su funcionamiento	Eléctrico	26 semanas		Guaípe	1 unidad	0,75		45
DH03-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10
DH03-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas						10
DH02-ECC01	Sistema de control	Calibrar parámetros de funcionamiento de cada final de carrera	Eléctrico	26 semanas						15
DH02-ECC01	Sistema de control	Limpiar válvulas solenoides y verificar su funcionamiento	Eléctrico	26 semanas		Guaípe	1 unidad	0,75		15
DH02-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10
DH02-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas						10
Total, por ejecución de rutina								1,50		170

Rutina			26 semanas A							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)
TT01-EME01	Motor eléctrico	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas						5
TT01-EME01	Motor eléctrico	Escuchar sonidos anormales de rozamiento de metales	Eléctrico	26 semanas						10

TT01-MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar visualmente el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Mecánico	26 semanas						5
TT01-MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar visualmente el estado de los topes	Mecánico	26 semanas						5
TT01-MRV01	Reductor de velocidad	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas						5
TT01-MTE01	Estructura del testero	Limpiar los rieles	Mecánico	26 semanas		Guaipe	1 unidad	0,75		15
TT02-EME01	Motor eléctrico	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas						5
TT02-EME01	Motor eléctrico	Escuchar sonidos anormales de rozamiento de metales	Eléctrico	26 semanas						10
TT02-MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar visualmente el estado de las ruedas de desplazamiento longitudinal	Mecánico	26 semanas						5
TT02-MTE01	Estructura del testero	Inspeccionar visualmente el estado de los topes	Mecánico	26 semanas						5
TT02-MRV01	Reductor de velocidad	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas						5
TT02-MTE01	Estructura del testero	Limpiar los rieles	Mecánico	26 semanas		Guaipe	1 unidad	0,75		10
PP01-EME01	Motor eléctrico para movimiento transversal del polipasto	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas						5
PP01-EME02	Motor eléctrico elevador del polipasto	Verificar el correcto funcionamiento del ventilador de enfriamiento	Eléctrico	26 semanas						5
PP01-ECE01	Caja de control del polipasto	Verificar el correcto accionamiento de los contactores	Eléctrico	26 semanas	Multímetro					10
PP01-ECE01	Caja de control del polipasto	Verificar que los fusibles se encuentren bien anclados a la porta fusibles	Eléctrico	26 semanas	Multímetro					5
PP01-MRV01	Reductor de velocidad de movimiento transversal del polipasto	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas						5
PP01-MFE01	Freno desplazamiento transversal del polipasto	Regular el frenado	Mecánico	26 semanas						20

PP01-MRV02	Reductor de velocidad de elevador del polipasto	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite	Mecánico	26 semanas						5
PP01-EFE02	Freno de elevador del polipasto	Regular el frenado	Mecánico	26 semanas					Juego de llaves	20
PP01-MCA01	Carro del polipasto	Limpiar la estructura del carro	Mecánico	26 semanas		Guaípe	1 unidad	0,75		10
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar visualmente el estado de la polea y la estructura que sujeta a ésta	Mecánico	26 semanas						10
PP01-MSE01	Sistema de elevación de carga	Inspeccionar visualmente el estado del gancho	Mecánico	26 semanas						5
VP01-MVP01	Viga principal	Limpiar los rieles de desplazamiento del polipasto	Mecánico	26 semanas		Guaípe	1 unidad	0,75		10
VP01-MVP01	Caja de control	Medir amperajes del circuito eléctrico	Eléctrico	26 semanas	Multímetro					5
VP01-MVP01	Caja de control	Reajuste de contactos	Eléctrico	26 semanas					Destornillador plano	10
VP01-MVP01	Caja de control	Verificar visualmente que los fusibles se encuentren bien anclados a la porta fusibles	Eléctrico	26 semanas						5
VP01-MVP01	Controlador	Inspeccionar visualmente el estado de cable eléctrico entre botonera y caja de control	Eléctrico	26 semanas						10
EC01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Especialista	26 semanas				20,00		20
Total, por ejecución de rutina								23,00		245
Rutina			26 semanas B							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)
RE01-EME01	Motor eléctrico Lincoln AC	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10
RE01-EME02	Motor eléctrico Lincoln AC	Analizar vibraciones de desalineación de	Eléctrico	26 semanas						10

		rodamientos, desbalance de cargas								
PH01-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas						10
PH01-MST01	Sistema de transmisión por matrimonio entre motor y bomba	Analizar vibraciones de desalineación de ejes	Eléctrico	26 semanas						5
PH01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10
EP01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10
TS01-MMA01	Matrimonio entre reductor motor	Analizar vibraciones de desalineación de ejes	Eléctrico	26 semanas						5
TS01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10
RO01-EME01	Motor eléctrico	Analizar vibraciones de desalineación de rodamientos, desbalance de cargas	Eléctrico	26 semanas						10
DH02-MBH01	Bomba hidráulica	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas						10
RE01-MBH01	Bomba Hidráulica Vickers	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas						10
RE01-MBH01	Bomba Hidráulica Vickers	Analizar vibraciones de rotura o desgaste de paletas	Eléctrico	26 semanas						10
Total, por ejecución de rutina									0,00	110

Rutina				28 semanas						
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)

CF01-MBH01	Bomba hidráulica	Aplicar el paquete de mantenimiento mayor 712101-2	Mecánico	28 semanas		Paquete de mantenimiento mayor 712101-2	1 unidad	3.641,00		120
Total, por ejecución de rutina								3.641,00	Tiempo total	120

Rutina			42 semanas							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)
TS01-MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar el aceite	Mecánico	42		Aceite Veedol SAE 140 API GL-4	1 litro	3,06	Hexagonal de 4 mm, Llave de 11 mm, embudo	30
RO01-MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar el aceite	Mecánico	42		Aceite Veedol SAE 140 API GL-4	1 litro	3,06	Hexagonal de 4 mm, Llave de 11 mm, embudo	20
EC01-MRV01	Reductor de velocidad	Cambiar de aceite	Mecánico	42 semanas		Aceite Veedol SAE 140 API GL-4	1 litro	\$3,06	Hexagonal de 4 mm, Llave de 11 mm, embudo	30
Total, por ejecución de rutina								9,19		80

Rutina			56 semanas							
Código	Descripción	Nuevas tareas	Responsable	Frecuencia	Equipos	Repuestos y materiales	Cantidad	Costo (USD)	Herramientas	Tiempo ejecución (min)
CF01-MCC01	Cabezal de corte	Aplicar el paquete de mantenimiento Pac-V, 015605-1	Mecánico	56 semanas		Paquete de mantenimiento Pac-V, 015605-1	1 unidad	2.387,98		60
Total, por ejecución de rutina								2.387,98		60

ANEXO M: INFORMACIÓN RESPECTO AL DESARROLLO DE LA CAPACITACIÓN







**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 17 / 11 / 2021

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: MAURICIO DAMIÁN BAYAS GUEVARA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
Título a optar: INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
f. Analista de Biblioteca responsable:

