



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).

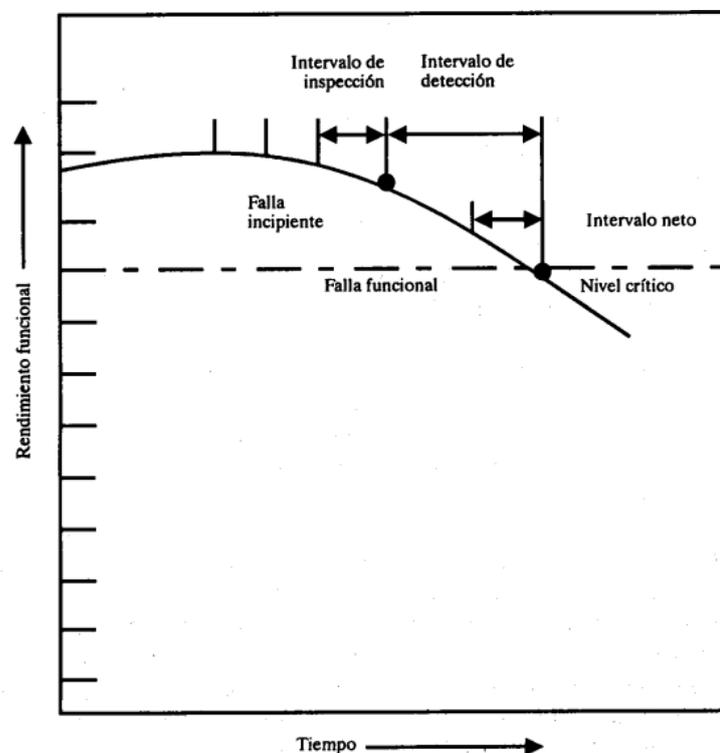


Figura 1-2. Mantenimiento basado en las condiciones

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

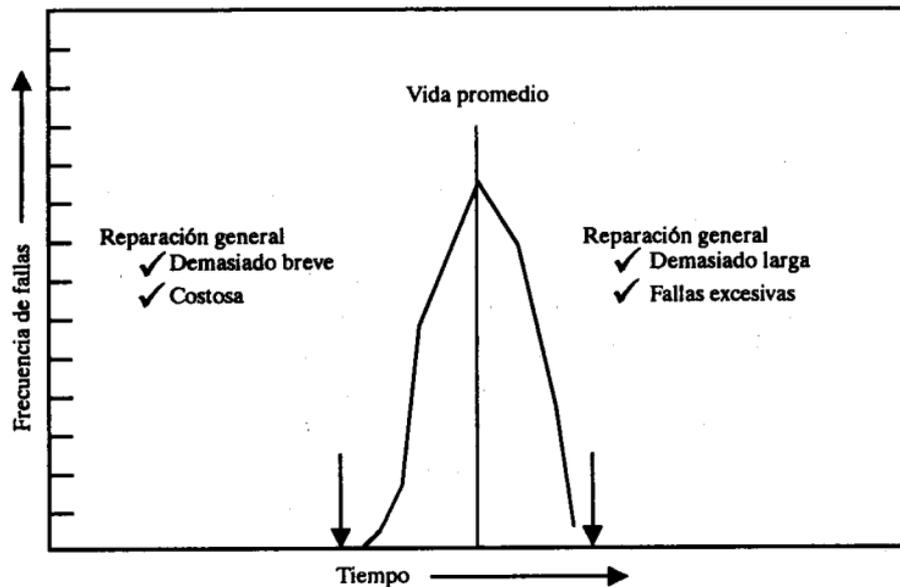


Figura 2-2. Reparación general basada en el tiempo

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.

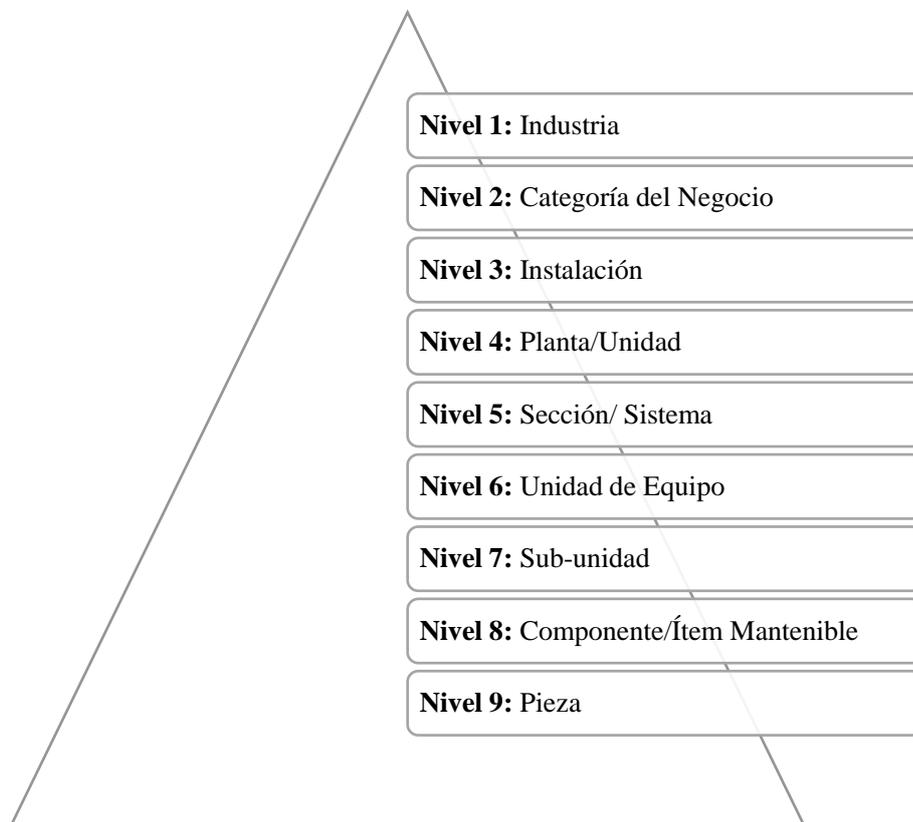


Figura 3-2. Clasificación sistemática de ítems según la norma ISO 14224

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.

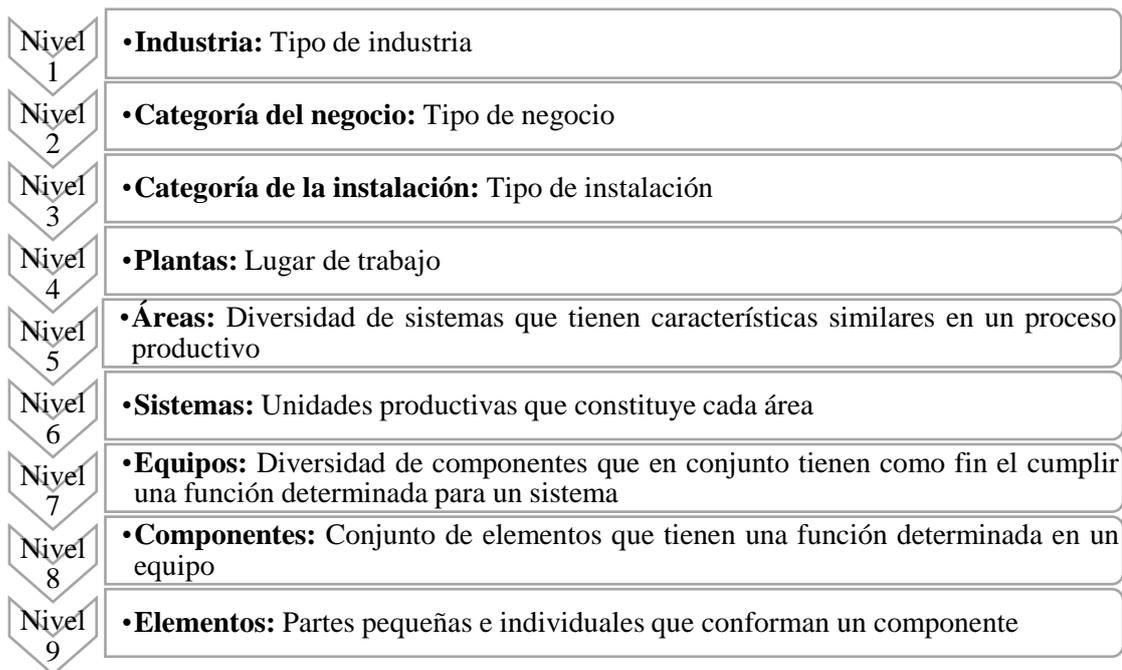


Figura 4-2. Descripción de niveles jerárquicos

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 (Hourmé 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. | | Consumen 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.

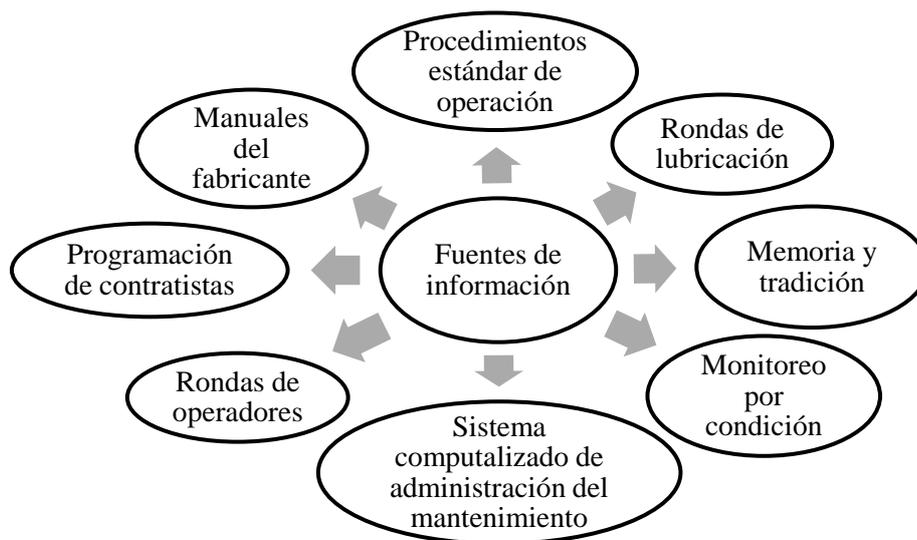


Figura 5-2. Fuentes de información para el PMO

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).

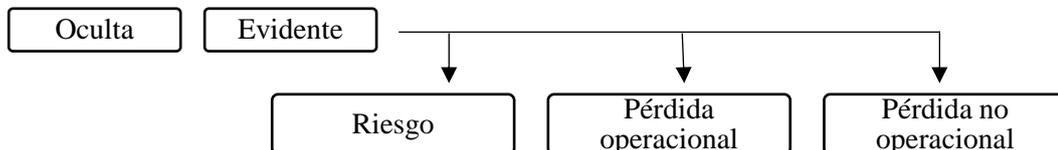


Figura 6-2. Tipos de consecuencia por fallo

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.

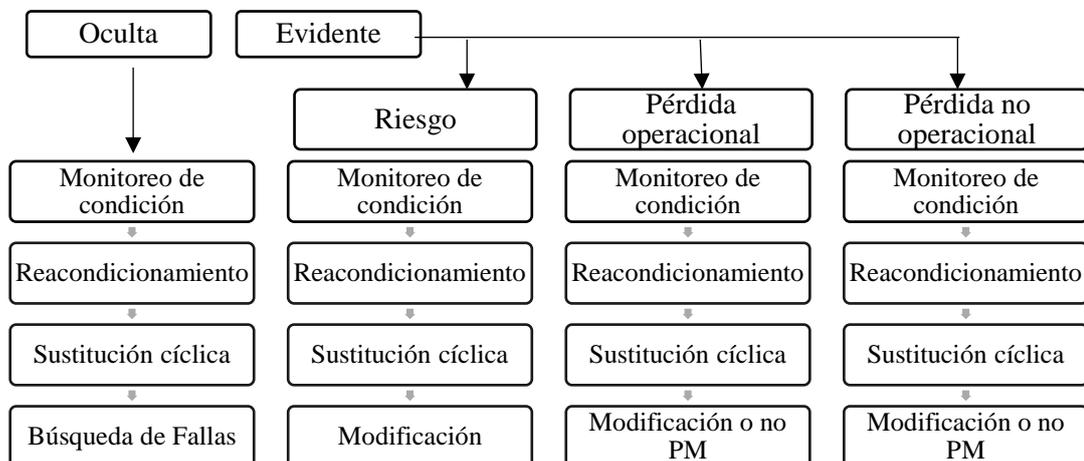


Figura 7-2. Selección de actividades de mantenimiento

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 | Oculto | 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.

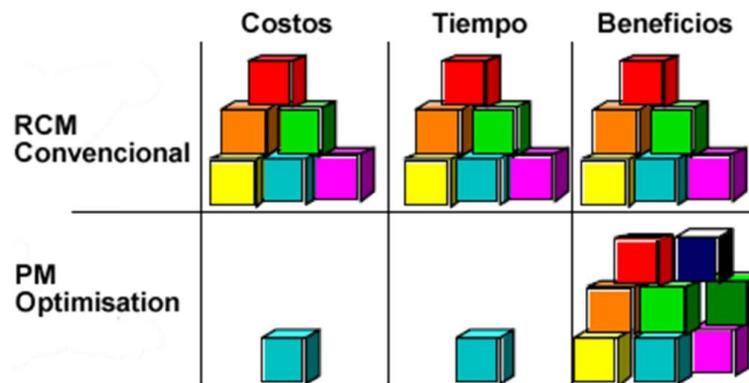


Figura 8-2. Diferencias en costos, tiempo y beneficios de RCM y PMO

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

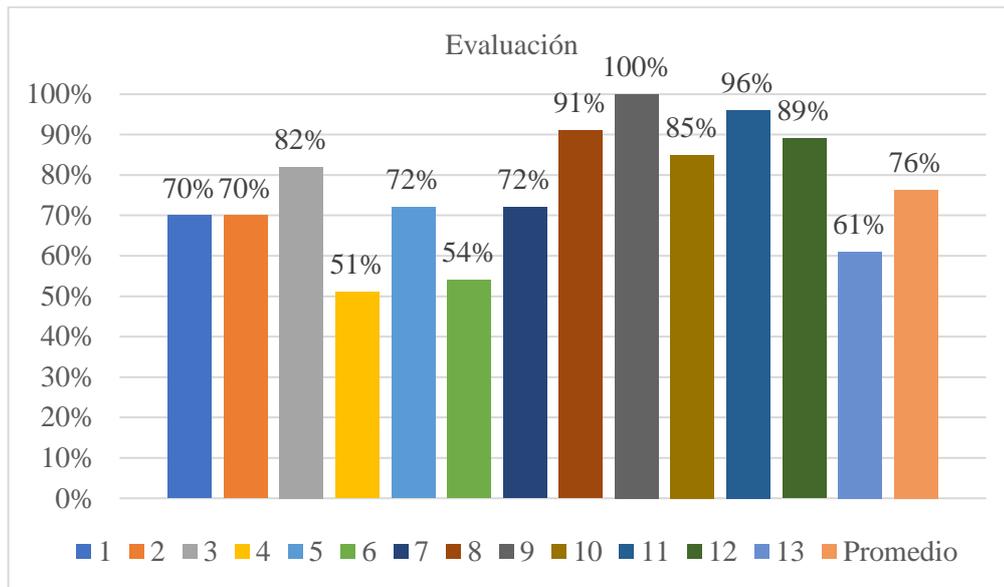
Una vez realizada la entrevista planteada al personal del departamento de mantenimiento para el análisis de la situación en la cual se encuentra el plan de mantenimiento, se ha conseguido los resultados que se presentan en la tabla 1-4 y gráfica 1-4:

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

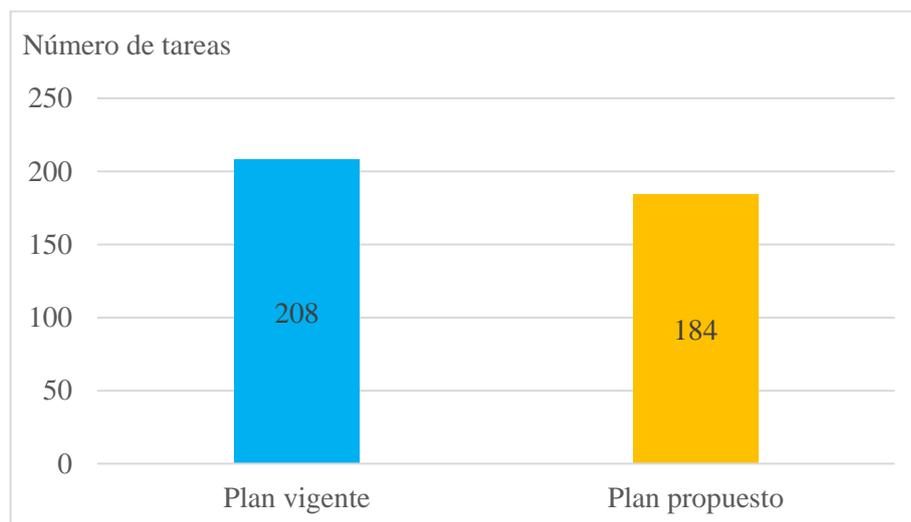


Realizado por: Bayas, Mauricio, 2021.

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.

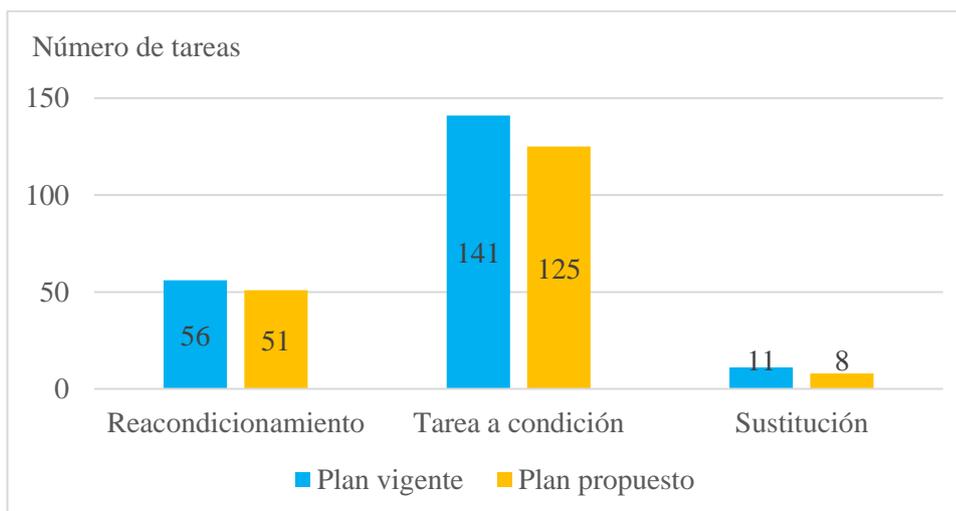
Gráfico 2-4: Tareas a ejecutar por plan



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

$$\beta = \text{PENDIENTE}(\text{conocido}_y; \text{conocido}_x)$$

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 | A anual |
| 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 | A anual |
| | | 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 | A anual |
| 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 | A anual |
| | | 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 | A anual |
| | | 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 | A anual |
| | | 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 | A anual |
| MDU01 | Ductos de extracción de polvo | Inspeccionar visualmente el exterior de los ductos de extracción para detectar corrosión | Mecánico | A anual |

| 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 | | Rebordadora (RE01) | | |
|---------|----------------------------------|--|------------|-------------|
| Equipos | | Tarea de mantenimiento | | |
| Código | Descripción | Descripción | Frecuencia | Responsable |
| MES01 | Estructura de la rebordadora | 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 | Limpiar 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 trasmisión 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 deposito | Mensual | Mecánico |
| | | Limpiar 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 control de | 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 |
| | | Limpiar 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 | Pérdida 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 | | Rebordadora (RE01) | | |
| Equipos | | Evaluación de las consecuencias por modo de falla | | |
| Código | Descripción | Modos de falla | Código | Consecuencia |
| MES01 | Estructura de la rebordadora | 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 | | Rebordadora (RE01) | | | | | |
|----------------|------------------------------|---|----------|----------|--|--------------------|-------------------|
| Equipos | | Identificación de las nuevas tareas de mantenimiento | | | | | |
| Código | Descripción | Modos de falla | C | T | Nuevas tareas | Responsable | Frecuencia |
| MES01 | Estructura de la rebordadora | Presencia de impurezas por operación normal | O | RE | Limpiar la estructura del rebordador | Operador | Diario |
| | | Vibración mecánica por operación normal | O | RE | Reajustes mecánicos de la estructura del rebordador | 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 | Pérdida 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 elementos 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 controlador 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 | | | | | | | | | | | EFFECTIVIDAD | ECUATRAN. | |
|---------------------------------|-------------|------------|--------------------------|----------------------|-----------|------------------------|----------|----------------|-------------------|------------------------|--------------|-----------|--|
| 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) | Resultados | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| INICIO MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | | | | | | EFFECTIVIDAD | ECUATRAN. | |
|---------------------------------|-------------------------|---|--------------------------|----------------------|-----------|------------------------|-----------|----------------|-------------------|------------------------|--------------|-----------|--|
| 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) | 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 roladora | 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 | Limpia 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) |

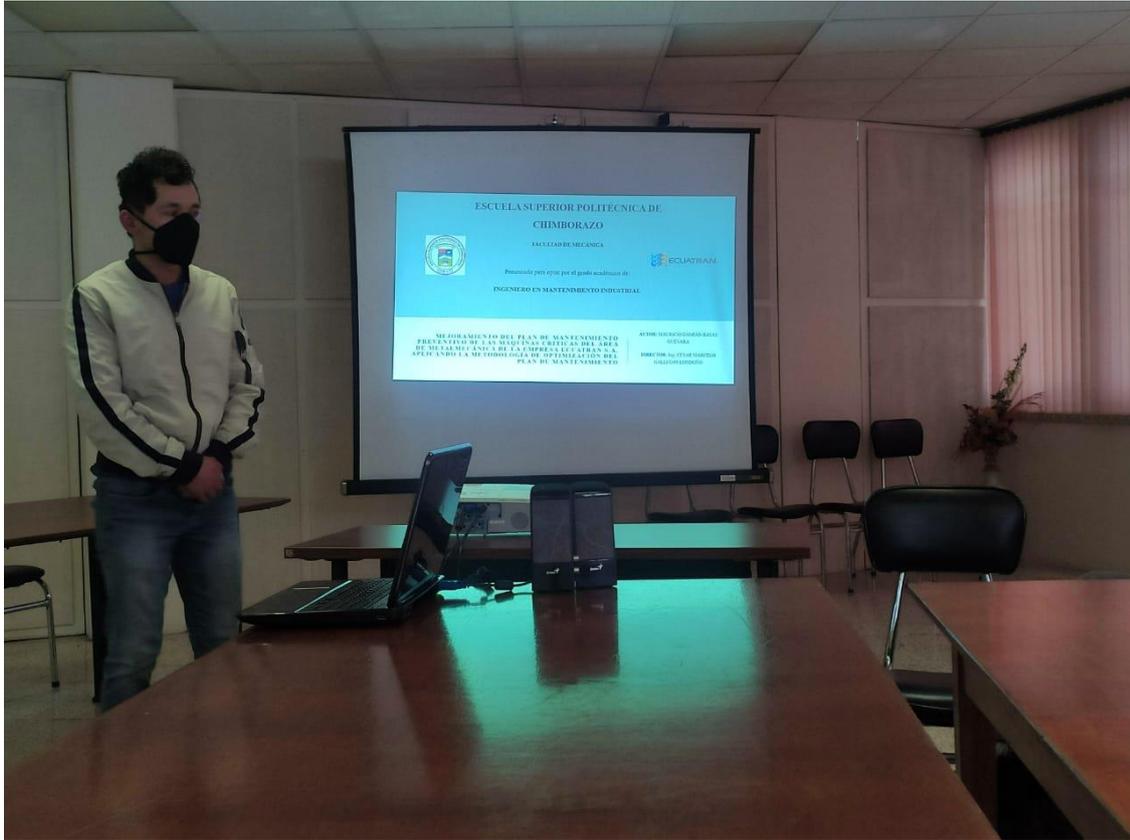
| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|--|----------|------------|--|---|----------|----------|--------------|-----|
| CF01-MBH01 | Bomba hidráulica | Aplicar el paquete de mantenimiento mayor 712101-2 | Mecánico | 28 semanas | | Paquete de mantenimiento mayor 712101-2 | 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: |

