UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA UNA MÁQUINA INSERTADORA DE CEPILLOS TÉCNICOS

Trabajo de Titulación para optar al Título de INGENIERO DE EJECUCIÓN EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:
Christopher Yuri Riquelme Flores

Profesor Guía:
Ing. Andrés Aránguiz Garrido

2018

RESUMEN

KEYWORDS: MATRIZ CUALITATIVA DE RIESGO, FMECA, DIAGRAMA DE DECISIÓN RCM

El presente trabajo de título consta de tres capítulos, en los cuales se utilizan herramientas correspondientes al mantenimiento centrado en la confiabilidad o RCM, según sus siglas en inglés, que permitirán determinar lo que se debe hacer para asegurar que los activos presentes en la empresa Wesser S.A. continúen desarrollando las funciones por las cuales fueron adquiridos.

La selección del equipo y sistema crítico fue posible gracias a la herramienta matriz cualitativa de riesgo, la cual nos permitió jerarquizar las máquinas presentes en el proceso productivo según las consecuencias que puede ocasionar frente a una potencial falla, perjudicando, entre otros, los costos económicos y posibles daños en las personas, instalaciones y/o medio ambiente.

Los resultados de criticidad indicaron tres máquinas críticas, dentro de ellas la insertadora ET 125, la fresadora CNC BS13 y la inyectora Roto. Finalmente, se seleccionó la máquina insertadora ET 125, debido a la facilidad por parte de la empresa a entregar información técnica, bitácoras y manuales. La selección de su sistema crítico se realizó bajo la misma metodología, resultando como los sistemas más críticos el insertador y el de taladros eléctricos, ambos considerados para los posteriores estudios.

A través de un análisis de modos, efectos y criticidad de fallas (FMECA) realizado a los sistemas críticos de la máquina insertadora ET 125, fue posible identificar funciones primarias, dos fallas funcionales para cada uno, ocho modos de fallas para el sistema insertador y siete modos de fallas para el sistema de taladros eléctricos.

Los efectos de cada modo de falla se analizan según el número de prioridad de riesgo (NPR), el cual entrega un valor que contempla criterios para su evaluación que son: la severidad, la ocurrencia y la detectabilidad de cada modo de falla. Los de mayor NPR resultaron ser: rotura de lengüeta; con un valor de 192, y fugas de aire en componentes; con un valor de 105.

La selección de actividades de mantenimiento se realizó evaluando las consecuencias de cada modo de falla según el diagrama de decisión RCM, siendo de ayuda en la determinación del tipo de actividad, las cuales pueden aludir a un mantenimiento reactivo, preventivo, predictivo, reacondicionamiento cíclico y/o sustitución.

Las actividades propuestas fueron tareas a condición (mantenimiento predictivo), eligiendo técnicas de detección de fallas, algunas de ellas son: termografía, análisis de vibraciones y tintas penetrantes. Todas ellas descritas en plan de mantenimiento, con la frecuencia de intervención y el personal a cargo de su realización.

La propuesta de un RCM se contrasto con el actual mantenimiento correctivo a través de una evaluación técnica y económica. El mantenimiento correctivo arrojo un costo total de $98.892.068 (CLP), versus un costo total de $12.331.072 (CLP) para el RCM; en el cual se incluyen los costos de inversión, que consta de herramientas, instrumentos de diagnóstico y capacitaciones, representando el 79% de los costos totales del RCM.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

INTRODUCCIÓN **1**

OBJETIVO GENERAL **2**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS **2**

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DE EQUIPO CRÍTICO

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA 4

1.2. PRODUCTOS COMERCIALIZADOS 4

1.3. PROCESO PRODUCTIVO 5

1.3.1. Sección de carpintería 6

1.3.2. Sección de materiales 7

1.3.3. Sección de plásticos 7

1.3.4. Sección insertadora de cerdas 8

1.3.5. Sección de virolas 9

1.3.6. Sección armado de brochas 9

1.4. MARCO GENERAL 10

1.5. PROBLEMÁTICA 11

1.6. SELECCIÓN DE EQUIPO Y SISTEMA CRÍTICO 12

1.6.1. Frecuencia de falla 12

1.6.2. Impacto operacional 13

1.6.3. Flexibilidad operacional 13

1.6.4. Costos de mantenimiento 14

1.6.5. Impacto en seguridad, higiene y medio ambiente 14

1.6.6. Selección de equipo crítico 15

1.6.7. Selección de sistema crítico de insertadora ET 125 17

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO CRÍTICO Y ANÁLISIS FMECA

2.1. DESCRIPCIÓN DE MÁQUINA INSERTADORA 20

2.2. SISTEMAS DE MÁQUINA INSERTADORA 21

2.2.1. Sistema neumático 21

2.2.2. Sistema de transmisión de potencia 21

2.2.3. Sistema insertador 22

2.2.4. Sistema de taladros eléctricos 25

2.2.5. Sistema de lubricación 26
2.3. PRODUCTOS FABRICADOS 26
2.3.1. Escobilla de zapato 27
2.3.2. Escobillas cilíndricas 27
2.4. ANÁLISIS FUNCIONAL 28
2.4.1. Funciones primarias 29
2.4.2. Funciones secundarias 29
2.4.3. Análisis SIPOC 30
2.4.3.1. Supplier (proveedor) 31
2.4.3.2. Input (entrada) 31
2.4.3.3. Process (proceso) 31
2.4.3.4. Output (salida) 32
2.4.3.5. Customer (cliente) 32
2.5. ANÁLISIS FMECA 34

CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO Y EVALUACION TÉCNICA - ECONÓMICA

3.1. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO 40
3.2. CONSECUENCIAS DE FALLAS 40
3.2.1. Funciones ocultas 40
3.2.2. Funciones evidentes 41
3.2.3. Fallas evidentes 41
3.2.4. Fallas ocultas 41
3.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO 42
3.3.1. Mantenimiento predictivo o tareas a condición 42
3.3.2. Mantenimiento preventivo 42
3.3.2.1. Reacondicionamiento cíclico 42
3.3.2.2. Sustitución cíclica 43
3.3.3. Mantenimiento reactivo 43
3.3.4. Acciones a falta de 44
3.3.4.1. Búsqueda de la falla 44
3.3.4.2. Rediseño 44
3.4. DIAGRAMA DE DECISIÓN RCM 44
3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO 48
3.6. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES 51
3.7. EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA 58
3.7.1. Costos de producción 58

3.7.2. Costos del actual mantenimiento correctivo 59
3.7.3. Costos del RCM 60
3.7.3.1. Costos de inversión para el RCM 61
3.7.4. Contraste de costos 63

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 65
BIBLIOGRAFÍA 67

ANEXO A: Ficha técnica máquina insertadora ET 125 68
ANEXO B: Norma SAE J1739, criterios para NPR 68
ANEXO C: Producción de escobillas por turnos para la máquina insertadora ET 125 70
ANEXO D: Especificaciones para realizar escobillas en máquina insertadora ET 125 70
ANEXO E: Diagrama de decisión RCM 71
ANEXO F: Planificación mantención insertador 71
ANEXO G: Datos técnicos de instrumentos de medición 99
ANEXO H: Arriendo de instrumento alineador de poleas 103
ANEXO I: Check List para máquina insertadora ET 125 104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Productos comercializados: brochas, escobillas y rodillos 5
Figura 1-2. Sección de carpintería 6
Figura 1-3. Sección de materiales 7
Figura 1-4. Sección de plásticos 8
Figura 1-5. Máquina ET 125, Sección insertadora de cerdas 8
Figura 1-6. Máquina Virola V, Sección de Virolas 9
Figura 1-7. Sección armado de brochas 10
Figura 2-1. Eje excéntrico y barra de transmisión 22
Figura 2-2. Partes del insertador de lazos 22
Figura 2-3. Detalle del ingreso de alambre en el insertador de lazos 23
Figura 2-4. Formación del alambre en “U” 23
Figura 2-5. Punzón de la insertadora de lazos 24
Figura 2-6. Formación del alambre en forma de lazo junto con el mechón 24
Figura 2-7. Punzón de insertadora de áncoras 25
Figura 2-8. Motor eléctrico para accionamiento de taladro 26

Figura 2-9. Escobillas Cilíndricas (grandes y chicas) y Escobilla de Zapato 27
Figura 3-1. Despiece para actividad cambio de insertador 53
Figura 3-2. Cambio de punzón 54
Figura 3-3. Refilado del punzón de lazos 54
Figura 3-4. Cambio de lengüeta 55
Figura 3-5. Pantalla del CNC para la puesta en marcha 56
Figura E-1. Diagrama de desición RCM 71
Figura F-1. Despiece para actividad cambio de insertador 73
Figura F-2. Despiece para la actividad de cambio de cuchilla plana 74
Figura F-3. Despiece para cambio de cuchilla cuadrangular 74
Figura F-4. Cambio de punzón 76
Figura F-5. Refilado del punzón 76
Figura F-6. Cambio de legüeta 78
Figura F-7. Ajuste de profundidad de la lengüeta 79
Figura F-8. Pulsadores y entradas de activación en pantalla del CNC 80
Figura F-9. Pantalla del CNC para la puesta en marcha 81
Figura F-10. Despiece para actividad de cambio de insertador de áncoras 87
Figura F-11. Despiece para la actividad de cambio de cuchilla plana 88
Figura F-12. Unidad de corte 89
Figura F-13. Refilado del punzón de lazos 89
Figura F-14. Ajuste del punzón 90
Figura F-15. Refilado del punzón 91
Figura F-16. Pulsadores y entradas de activación en pantalla CNC 93
Figura F-17. Pantalla del CNC para la puesta en marcha 94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Criterios de evaluación para la frecuencia de fallas 13
Tabla 1-2. Criterios de evaluación para el impacto operacional 13
Tabla 1-3. Criterios de evaluación para la flexibilidad operacional 14
Tabla 1-4. Criterios de evaluación para los costos de mantenimiento 14
Tabla 1-5. Criterios de evaluación para impacto de seguridad, medio ambiente e higiene 15
Tabla 1-6. Análisis de criticidad para equipos del proceso productivo 16
Tabla 1-7. Matriz de riesgo de criticidad 16

Tabla 1-8. Rangos para selección de criticidad 17
Tabla 1-9. Análisis de criticidad para sistemas de la máquina insertadora ET 125 18
Tabla 1-10. Rangos para selección de criticidad 18
Tabla 2-1. Análisis del diagrama SIPOC 33
Tabla 2-2. Rangos para selección de criticidad 35
Tabla 2-3. Análisis FMECA para el sistema de taladros eléctricos y NPR 36
Tabla 2-4. Análisis FMECA para el sistema insertador y NPR 37
Tabla 3-1. Hoja de decisión RCM para el sistema de taladros eléctricos 46
Tabla 3-2. Hoja de decisión RCM para el sistema insertador 47
Tabla 3-3. Check list para la máquina insertadora ET 125 48
Tabla 3-4. Plan de mantenimiento para insertador y taladros eléctricos 49
Tabla 3-5. Continuación de plan de mantenimiento para insertador y taladros eléctricos 50
Tabla 3-6. Costos de producción diario y anual para escobillas fabricadas por insertadora ET 125 58
Tabla 3-7. Costos de intervención del mantenimiento correctivo para la máquina insertadora ET 125, correspondiente al año 2017 59
Tabla 3-8. Costos necesarios del RCM para la máquina insertadora ET 125 60
Tabla 3-9. Herramientas, instrumentos de diagnóstico y capacitaciones para el departamento de mantenimiento 61
Tabla A-1. Ficha técnica insertadora ET125 68
Tabla B-1. Criterios sugeridos para la evaluación de la ocurrencia 68
Tabla B-2. Criterios para la evaluación de la detección 69
Tabla B-3. Criterios sugeridos para la evaluación de la severidad 69
Tabla C-1. Producción de escobilla por turno 70
Tabla D-1. Especificaciones para realizar escobillas de zapato 70
Tabla D-2. Especificaciones para realizar escobillas cilíndricas 70
Tabla G-1. Datos técnicos de alineador de poleas láser 99
Tabla G-2. Datos técnicos de cámara termográfica 100
Tabla G-3. Datos técnicos de Megaóhmetro/Multímetro 101
Tabla G-4. Datos técnicos de tintas penetrantes 102
Tabla G-5. Datos técnicos de Analizador de Vibraciones 103
Tabla H-1. Cotización para el arriendo de alineador de poleas 103
Tabla I-1. Check List para máquina insertadora ET 125 104

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1. Proceso productivo de brochas y escobillas 6
Diagrama 2-1. Proceso de fabricación 30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1. Contraste entre costos del mantenimiento correctivo, RCM y sus costos de beneficio 64

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

CNC	:	Control numérico computarizado.
FMECA	:	Failure Modes and Effects Analysis (Análisis de Modos, Efectos y Criticidad de Fallas).
NPR	:	Numero de Prioridad de Riesgo.
RCM	:	Reliability Centred Maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad).
SAE	:	Society Automotive Engieniers (Sociedad de Ingenieros Automotrices).
SIPOC	:	Supplier – Input – Process – Output – Customer.

SIMBOLOGÍAS

A	:	Amperio
°C	:	Grado Celsius
°F	:	Grado Fahrenheit
h	:	Hora
Hz	:	Hertz
kg	:	Kilogramos
kW	:	Kilo Watts
m	:	Metro
mm	:	Milímetros
mV	:	Mili Volt
PSI	:	Pound per square inch (libra por pulgada cuadrada)
RPM	:	Revoluciones por minuto
V	:	Volt
Ω	:	Ohm

INTRODUCCIÓN

Existe una tendencia mundial en el incremento de la mecanización y automatización de los procesos productivos industriales, atendiendo a necesidades actuales, las cuales varían con el tiempo. Todo proceso productivo lleva consigo la transformación de una materia para finalmente obtener un producto o servicio que cumpla con las exigencias que demande un sector. Para permitir el funcionamiento del proceso, es necesario la adquisición de maquinaria industrializada, la cual tendrá un desgaste y un envejecimiento a lo largo de su vida útil. Es por ello, que el mantenimiento se debe considerar como una pieza fundamental, ya que va a permitir desarrollar un conjunto de actividades necesarias para reparar, preservar y mantener los activos, garantizando un funcionamiento óptimo al menor costo posible.

Es relevante conocer la importancia del mantenimiento para un correcto funcionamiento de los diversos sistemas que conforman el proceso productivo, y la necesidad de formar grupos de trabajo multidisciplinarios para una mejor programación y planificación de actividades que no impliquen entorpecer el trabajo de otros departamentos, permitiendo a su vez, generar instancias de mejoras frente al surgimiento de nuevas fallas.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es una metodología la cual determinara qué hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe cumpliendo su función a través de herramientas de trabajo ligadas a él. Algunas de sus herramientas son: matriz cualitativa de riesgo, numero de prioridad de riesgo, análisis de modos, efectos y criticidad de fallas, y diagrama de decisión RCM.

La propuesta de un RCM para la máquina insertadora ET 125 ubicada en la empresa Wesser S.A., está marcada por la incorporación de tareas de mantenimiento que permiten evitar fallas funcionales, reducir los costos del actual mantenimiento correctivo y permitir una mayor disponibilidad de la máquina para la fabricación de sus productos.

OBJETIVO GENERAL

- Proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad a una máquina insertadora de cepillos técnicos ubicada en la empresa Wesser S.A., a través de herramientas de análisis dispuestas en la metodología del RCM para la evaluación económica de costos del actual mantenimiento frente al propuesto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Categorizar los equipos presentes en el proceso productivo mediante una matriz cualitativa de riesgo para la selección del equipo más crítico.
2. Jerarquizar fallas funcionales del equipo crítico por medio de un análisis de modos, efectos y criticidad de fallos para la elección y planificación de tareas de mantenimiento.
3. Seleccionar actividades de mantenimiento a través del diagrama RCM para la realización de un estudio técnico y económico en los costos de actividades actuales contra las propuestas.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DE EQUIPO CRÍTICO

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

En el año 1920 se unieron recursos y experiencia para la creación de una empresa con el objetivo de elaborar y comercializar brochas y escobillas para el mercado chileno.

Dicha estrategia significó una creciente demanda de todos sus productos, principalmente de las brochas Cóndor, por ser las únicas en Chile con una mezcla de crin y cerda, lo que implicó una necesidad de ampliar la infraestructura y dar pie a una nueva etapa. Dado esto, en el año 1983 el éxito alcanzado determinó que, lo que había comenzado como una empresa familiar, se convirtiera en una sociedad anónima, Wesser S.A.

Hoy en día, tiene una destacada participación en el mercado nacional, siendo su filosofía de empresa usar las mejores materias primas y tecnologías de vanguardia, ofreciendo diversos productos en costos de adquisición, calidad de materiales y superficies de trabajo.

La empresa Wesser S.A. cuenta con una casa matriz ubicada en Av. del Trabajador N° 745, Quilpué, en donde se realizan labores asociadas a la fabricación de sus productos. Las oficinas de ventas se encuentran ubicadas en Pedro de Oña N° 61, Ñuñoa, Santiago, las cuales se encargan principalmente de la distribución, relaciones con los distribuidores y estrategias de ventas.

1.2. PRODUCTOS COMERCIALIZADOS

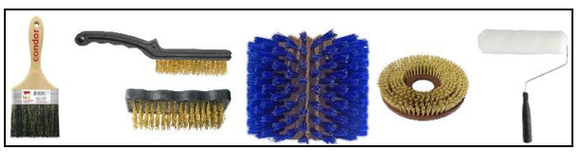
Los diferentes productos que se fabrican y comercializan logran satisfacer las variadas necesidades de los clientes, las cuales pueden ser según: el área de trabajo, la calidad requerida, el costo de adquisición y superficies de trabajo. Para lograr cumplir aquellas exigencias naturales, se ofrecen mangos ergonómicos, ya sean de madera o plástico, cerdas que pueden ser naturales, sintéticas y/o mixtas, con tamaños que varían desde: 1” hasta 5” en brochas, 3/8” hasta 5/8” en mangos y entre 37 y 73 mm en cerdas y crines.

Algunos de los productos comercializados son:

- Brochas: En formatos que cumplen las exigencias para: profesionales, usos domésticos, pinturas al agua, pinturas y barnices, y productos corrosivos.

- Escobillas: Sus usos son principalmente para la remoción de pinturas, cemento, óxidos, soldadura, mohos, aseo industrial, lustra pisos y lavado de frutas. Satisfacen industrias metalmecánicas, construcción, navieras, maestranzas, talleres automotrices y metalúrgicas. Dentro de ellas se encuentran escobillas de zapato, escobillas cilíndricas para la limpieza de frutas, escobillas industriales para empresas de aseo y escobillas lustra pisos.
- Rodillos: Para la aplicación de todo tipo de pinturas y superficies. Poseen características como lana de poliamida y acrílico, que permiten la resistencia contra los solventes, mangos de buen agarre y cómodos para usos prolongados, y materiales resistentes a la oxidación.

A continuación, en la Figura 1-1, se ilustran algunos de los productos comercializados, entre ellos: brochas para pinturas, escobillas de zapato, escobillas cilíndricas, escobillas de aseo y rodillos para pinturas.



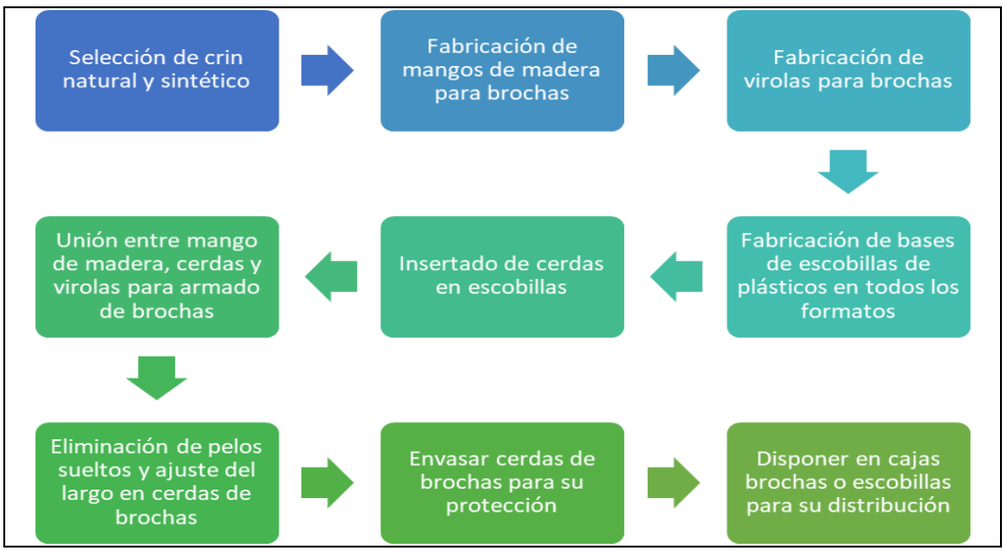
Fuente: http://www.wesser.cl/

Figura 1-1. Productos comercializados: brochas, escobillas y rodillos.

1.3. PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo es un conjunto de actividades necesarias para obtener el producto a comercializar. Dicho proceso permite describir y visualizar en mejor medida la transformación de una materia prima por acción de un trabajo sobre el sistema, obteniendo como resultando el producto final, en este caso, brochas y escobillas.

A continuación, en el Diagrama 1-1, se ilustran las principales etapas que son necesarias para la confección de los distintos tipos de productos que se comercializan.



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 1-1. Proceso productivo de brochas y escobillas.

1.3.1. Sección de carpintería

En la sección de carpintería (ver Figura 1-2) se llevan a cabo actividades relacionadas a la fabricación de mangos de madera. Una plancha de madera es seccionada para la generación de mangos de brocha en bruto, con perfiles rectos y sin perforaciones. A continuación, los mangos se introducen en una máquina fresadora CNC BS13 programable, en forma manual, apilándolas en un cargador de alimentación. La máquina realiza las operaciones de desbaste lateral, acabado superior e inferior y acabado de la cabeza del mango. La pieza terminada se descarga de manera automática, para luego ser ingresada a un tambor hermético giratorio, que contiene piezas lijadoras en su interior, lo que permite darle un acabado superficial a la pieza.

Fuente: Fotografía con cámara propia.

Figura 1-2. Sección de Carpintería.

1.3.2. Sección de materiales

Se realiza la preparación y mezclas de crin nacional y sintético importado. La preparación básicamente consta de seleccionar y preparar la crin adecuada (ver Figura 1-3), la cual está a cargo de un personal calificado. Las mezclas de crin dependen según el formato de brocha y escobilla que se requiere, y para ello, existen proporciones establecidas entre crin nacional y sintético para su conformación. Actúan máquinas seleccionadoras; para distribuir las cerdas en tamaños requeridos provenientes desde un depósito, máquinas mezcladoras; para el mezclado de crin natural y fibras sintéticas, máquinas limpiadoras; que permiten descontaminar y lavar la crin natural, y máquinas de secados; eliminando la humedad reinante.

Fuente: Fotografía con cámara propia.

Figura 1-3. Sección de Materiales.

1.3.3. Sección de plásticos

Se lleva a cabo la inyección de un polímero en moldes para la confección de todos los tamaños requeridos, ya sean: bases, escobillas, cilindros, mangos y rodillos. Las máquinas que realizan dichas tareas son: una máquina inyectora rotativa de diez estaciones (ver Figura 1-4) y tres máquinas extrusoras lineales convencionales.

La técnica por inyección consta en introducir el plástico en una tolva o recipiente, luego, pasa por un cilindro de calentamiento donde es fundido logrando una viscosidad y temperatura uniforme, para posteriormente ser inyectado en la cavidad de un molde de sección constante a través de un tornillo sinfín. La acción de girar del tornillo permite trasladar el material, y a su vez, incrementar la capacidad de inyección.

El proceso de extrusión hace referencia a la fundición del plástico, el cual es forzado a atravesar unas boquillas para formar productos de sección transversal uniforme y de longitud indefinida.

Fuente: Fotografía con cámara propia.

Figura 1-4. Sección de Plásticos.

1.3.4. Sección insertadora de cerdas

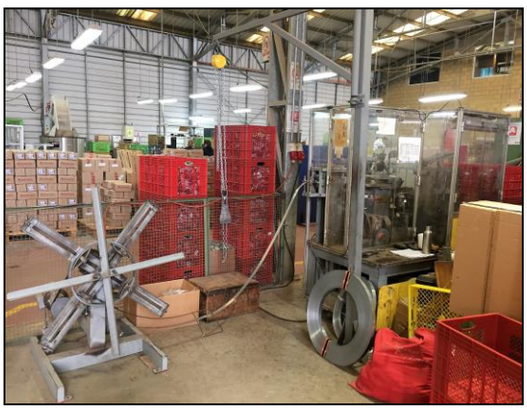
Se lleva a cabo la inserción de cerdas las cuales pueden ser de crin, fibras sintéticas, naturales o alambres, dependiendo del tipo de producto que se requiera fabricar. En el área trabajan tres máquinas insertadoras, todas ellas de marca Zahoransky, de modelos E230 A, ET 120 y ET 125 (ver Figura 1-5). El último modelo corresponde a la máquina de mayor tecnología y mayores capacidades de producción y versatilidad en la fabricación de productos.

Fuente: Fotografía con cámara propia.

Figura 1-5. Máquina ET 125, Sección Insertadora de Cerdas.

1.3.5. Sección de virolas

Las virolas son fabricadas por hojalatas, que son seccionadas con la ayuda de una máquina automática recortadora de virolas, de marca Técnica de Monte Blanco y de modelo V (ver Figura 1-6). La velocidad de la capacidad de producción dependerá de las dimensiones de la virola. Para la fabricación de los distintos tamaños de virolas se requiere de un molde o matriz en específico, la cual se intercambia dependiendo de los tamaños requeridos.



Fuente: Fotografía con cámara propia.

Figura 1-6. Máquina Virola V, Sección de Virolas.

1.3.6. Sección armado de brochas

El último proceso se lleva a cabo en líneas transportadoras de marca MGG (ver Figura 1-7), adecuadas para el armado de las brochas. Facilitan el trabajo de traslación del producto y el ensamblaje entre el mango, cerdas y virola. La unión entre el mango y cerdas es por medio de un pegamento epóxico, y la unión entre la virola y el conjunto mango – cerdas es a presión. Luego, se procede a la eliminación de pelos sueltos y el ajuste de su longitud con la ayuda de una estación lijadora. Finalmente, máquinas selladoras recubren las cerdas con un plástico protector para conversar las propiedades del tipo de brocha y se disponen en cajas para su posterior distribución.

Fuente: Fotografía con cámara propia.

Figura 1-7. Sección Armado de Brochas.

1.4. MARCO GENERAL

El posicionamiento que ha logrado la marca en el mercado es amplio, contando con una gran variedad de productos que logran satisfacer las diversas exigencias de sus consumidores, entre ellas, costos de adquisición, calidad del producto, áreas específicas de trabajo, opción de cerdas naturales o sintéticas y también la posibilidad de fabricar productos a pedido.

Es así, como el proceso de producción ha sufrido transformaciones en cuanto a la incorporación de nuevas máquinas, las que permiten realizar labores de fabricación de manera automática y semiautomática, cumpliendo y sosteniendo la producción demandada. La incorporación de nuevas máquinas, las cuales contienen tecnologías avanzadas en automatización, han generado el tener que instruir al personal acerca del modo de uso y también, la incorporación de un personal técnico calificado para llevar a cabo las mantenciones necesarias para el correcto funcionamiento de ellas. Sin embargo, la empresa no presenta ningún tipo de políticas frente al mantenimiento, lo que genera constantes fallas que entorpecen la producción.

El mantenimiento adoptado de manera histórica es el reactivo correctivo, generando paradas de plantas por no contar con los repuestos requeridos, tiempos muertos de producción, repuestos en ocasiones de elevado valor y una ausencia de planificación del mantenimiento y coordinación entre los departamentos.

Hoy en día, existen avances sobre la mantención de los equipos, creando un departamento de mantención, donde el Jefe de Mantención es el encargado de mantener la correcta operación de los equipos.

Existen bitácoras donde se apuntan las actividades realizadas de manera diaria, los repuestos utilizados para cada una de ellas y manuales técnicos, pero no de forma normada, lo que genera desorden en los registros.

Mediante un mutuo acuerdo entre los departamentos, se logró en algunos equipos de alta tecnología un mantenimiento preventivo, el cual tiene establecido un programa y calendarización de actividades, lo que ha generado una disminución en las fallas y una optimización en los recursos económicos, respaldados y avalados por la gerencia.

1.5. PROBLEMÁTICA

El problema actual reside en una falta de políticas e incorporación de planes de mantenimientos en todos los equipos que participan en el proceso de producción. A su vez, no existe un formato establecido para el registro de las fallas, repuestos utilizados en cada actividad, ordenes de trabajo ni pautas de trabajo seguro para cada tarea de mantención. Esto genera un desorden en los registros que lleva el encargado de la mantención, lo cual no permite anticiparse ante una eventual falla que podría generar la detención de una línea de producción o mitigar el envejecimiento de la máquina.

El control y evaluación de la ejecución del mantenimiento tampoco es posible, dado que no se han definido indicadores claves de producción para su medición. Aquello dificulta el tomar decisiones correctas, ya que no se tiene una visión general del desarrollo y actuar de la planta.

Las producciones diarias de todos los productos realizados en las distintas áreas de trabajo no se encuentran contabilizados de manera exacta. No existe un control de la cantidad de brochas, de la cantidad de mangos de plásticos o de madera fabricados por unidad de tiempo. También, se desconoce la información técnica de las máquinas sobre la cantidad de piezas máximas realizables por unidad de tiempo, lo cual produce un desconocimiento en las cargas nominales.

El actuar del personal frente al mantenimiento es de manera correctiva, y solo un equipo del área de carpintería tiene incorporado un mantenimiento preventivo, lo cual significó una disminución en las fallas recurrentes, gracias a una planificación y programación calendarizada consensuada en conjunto con el departamento de producción.

Una de las fallas que significó un gran costo económico no presupuestado, fue en la máquina CNC BS13, sección carpintería. Se produjo una falla en tres de los cinco

ejes que permiten los movimientos horizontales y verticales, debido a una falta de lubricación. La solución frente al problema fue aumentar la periodicidad de lubricación, disminuyendo de cada seis meses, según lo recomendado por el fabricante, a un mes, en base a los resultados y experiencia del departamento de mantenimiento.

1.6. SELECCIÓN DE EQUIPO Y SISTEMA CRÍTICO

La selección de equipo y sistema crítico se llevará a cabo bajo la herramienta matriz cualitativa de riesgo, la cual nos permite jerarquizar los activos según su riesgo y criticidad, sobre lo cual es urgente dirigir recursos ya sean estos humanos, económicos ó tecnológicos, mitigando sus consecuencias. El análisis también nos ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional del cual se desarrollan. El objetivo de hacer uso de esta técnica es establecer un método el cual nos sirva como ayuda en la determinación de la jerarquización de procesos, sistemas o equipos.

Para llevar a cabo la evaluación cualitativa de riesgo, es necesario seleccionar los criterios adecuados para evaluar el riesgo de los equipos pertenecientes a las distintas áreas productivas. Los motivos de priorización pueden variar según las necesidades y forma de operar. A continuación, se presentan los criterios seleccionados para la jerarquización de los equipos.

1.6.1. Frecuencia de falla

Es la cantidad de fallas que posee un equipo en un tiempo determinado.

La frecuencia de fallas se obtuvo de las bitácoras de los meses comprendidos entre enero y agosto del año 2017, las cuales fueron proporcionadas por el Jefe de Mantenimiento. De acuerdo al promedio de fallas de cada máquina durante dichos meses, se establecieron los criterios y sus frecuencias de fallas, apreciables en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Criterios de evaluación para la frecuencia de fallas.

Frecuencia de Fallas	Criterios
Mayor o igual a 9 fallas mensuales	4
Entre 5 y 8 fallas mensuales	3
Entre 1 y 4 fallas mensuales	2
Menor a 1 falla mensuales	1

Fuente: Elaboración propia.

1.6.2. Impacto operacional

El impacto operacional corresponde al efecto en la continuidad operacional del proceso productivo frente a una falla. La determinación de los criterios (ver Tabla 1-2) se realizó en conjunto con el Gerente de Planta, catalogando a cada máquina según el impacto que causa en las operaciones de la empresa frente a una falla.

Tabla 1-2. Criterios de evaluación para el impacto operacional.

Impacto Operacional	Criterios
Para inmediata de toda la planta	10
Parada inmediata de un sector de la planta	8
Disminuye la producción por tiempo prolongado	6
Disminuye la producción por tiempo acotado	4
Efecto menor en la producción	2
Efecto no significativo en la producción	1

Fuente: Elaboración propia.

1.6.3. Flexibilidad operacional

Determina el grado de impacto y el tiempo que tarda en ser solucionada una falla, comprometiendo funciones principales.

La flexibilidad operacional se realizó en conjunto con el Gerente de Planta y el Jefe de Mantenimiento, indicando si frente a una falla existen equipos que puedan suplir las funciones, repuestos con stock en bodega para una oportuna intervención o alguna empresa externa que pueda facilitar servicios de repuestos y/o mano de obra.

En la Tabla 1-3 se indican los criterios para su evaluación.

Tabla 1-3. Criterios de evaluación para la flexibilidad operacional.

Flexibilidad Operacional	Criterios
No existe opción de repuesto ni respaldo interno o externo	8
No existe opción de respaldo interno o externo	6
Existe opción de respaldo interno o externo	4
Existe opción de repuesto interno o externo	2
Existe opción de repuesto y respaldo interno o externo	1

Fuente: Elaboración propia.

1.6.4. Costos de mantenimiento

Se refiere a los costos asociados para la operación del equipo frente a una falla, ya sea por mantenimiento, repuestos y/o mano de obra, dejando fuera impactos sufridos a la producción.

La información fue otorgada por el Gerente de Planta. Y consiste en un método establecido por la empresa, quien determina las cantidades de dineros a utilizar en circunstancias de fallas, reparaciones o compras de repuestos, en montos máximos diarios, mensuales y por jefaturas. Los montos máximos son: $50.000 diarios a cargo del Jefe de Mantenimiento, $1.500.000 mensuales para Jefe de Mantenimiento, $1.500.000 para Gerente de Planta, y $1.000.000 a cargo de la Gerencia de Producción. Con dicha información se establecieron los criterios para la evaluación de los costos de mantenimiento, expuestos en la Tabla 1-4.

Tabla 1-4. Criterios de evaluación para los costos de mantenimiento.

Costos del Mantenimiento	Criterios
Mayor al 10% de las utilidades de la empresa	10
Mayor a 1.500.000 y menor a 4.000.000 pesos	6
Mayor a 50.000 y menor a 1.500.000 pesos	3
De 0 a 50.000 pesos	1

Fuente: Elaboración propia.

1.6.5. Impacto en seguridad, higiene y medio ambiente

Es la posibilidad de ocurrencia de fallas que pueden generar daños en las personas, instalaciones y/o daños en el ambiente.

En conjunto con el Jefe de Mantenimiento, se formulan los criterios (ver Tabla 1-5) según los efectos sobre la seguridad de los trabajadores, el medio ambiente y la higiene, ante fallas.

Tabla 1-5. Criterios de evaluación para impacto de seguridad, medio ambiente e higiene.

Impacto de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente	Criterios
Afecta a la seguridad del personal	20
Afecta al medio ambiente con daños severos	10
Afecta las instalaciones con daños severos	6
Provoca accidentes menores al personal	4
Provoca efecto ambiental pero no infringe las normas	2
No provoca daños al personal o al medio ambiente	1

Fuente: Elaboración propia.

1.6.6. Selección de equipo crítico

En la Tabla 1-6, se detallan los equipos que fueron seleccionados para el análisis de riesgo, los cuales pertenecen a cada una de las áreas de producción, indicando: criterios que signifiquen un retraso o disminución de la producción, un accidente grave o menor al personal operador, costos adicionales de mantención o reparación y/o un reemplazo del equipo.

El riesgo, según el modelo se análisis cualitativo de riesgo, se determina multiplicando la frecuencia (FF) por la consecuencia (C). Y la consecuencia se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Riesgo} = FF \times C$$

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

Siendo:

- IO: Impacto Operacional
- FO: Flexibilidad Operacional
- CM: Costos del Mantenimiento
- SHA: Impacto en Seguridad, Higiene y Medio Ambiente

Dentro de dichas áreas se encuentran: sección insertadora de cerdas; con máquinas como la insertadora ET 125, insertadora ET 120 e insertadora E230 A; sección de carpintería; con el equipo Fresadora CNC BS13, sección de virolas; la máquina Virola modelo V, sección de armado de brochas; líneas de armado MGG 1 y MGG 2, y en sección de plásticos; con una máquina Inyectora Roto. Todas ellas mencionadas en la descripción del proceso productivo de la planta.

Tabla 1-6. Análisis de criticidad para equipos del proceso productivo.

Equipos	FF	IO	FO	CM	SHA	Consecuencia	Total	Jerarquización
Insertadora ET 125	6	6	2	6	4	22	132	CRÍTICO
Insertadora ET 120	2	6	1	3	4	13	26	NO CRÍTICO
Insertadora E230 A	3	4	1	3	4	11	33	NO CRÍTICO
Fresadora CNC BS13	5	8	2	6	1	23	115	CRÍTICO
Línea de Armado MGG 1	5	4	1	3	4	11	55	SEMI CRÍTICO
Línea de Armado MGG 2	6	4	1	3	4	11	66	SEMI CRÍTICO
Inyectora Roto	7	6	2	3	4	19	133	CRÍTICO
Virola V	1	8	4	2	4	38	38	NO CRÍTICO

Fuente: Elaboración propia.

La discriminación entre equipos críticos, semi crítico y no crítico se determina según la Tabla 1-8, la cual categoriza a cada equipo según el riesgo. Los equipos son dispuestos en una matriz (ver Figura 1-7), que relaciona la frecuencia de fallas y las consecuencias que estas pueden ocasionar al sistema.

Tabla 1-7. Matriz de riesgo de criticidad.

Frecuencia	Matriz de riesgo			
7			ROTO	
6		MGG 2		ET 125
5		MGG 1		BIZZOTTO
4				
3		E230 A		
2		ET 120		
1				VIROLA V
	0 a 7	8 a 14	15 a 21	22 a ≥ 28
	Consecuencia			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1-8. Rangos para selección de criticidad.

Zonas de criticidad	
Crítico	Valores mayores o igual a 100
Semi Crítico	Valores entre 50 y 99
No Crítico	Valores entre 0 y 49

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos, resultaron tres equipos con una valorización que los categoriza como equipos críticos, los cuales son la insertadora ET 125, la Fresadora CNC BS13 y la Inyectora Roto. Todas destacan en una alta frecuencia de fallas anuales debido a una ausencia de mantenimiento o a un mantenimiento no acabado. La flexibilidad operacional también es alta, lo que quiere decir que no poseen una opción de reemplazo frente a sus funciones o los repuestos requeridos se encuentran fuera del país. Por último, los costos que generan frente a fallas son elevados, mayores a las demás máquinas.

El equipo a seleccionar es la insertadora ET 125 multimodal de marca ZAHORANSKY, debido a que existe una facilidad por parte de la empresa a entregar todo tipo de información técnica, bitácoras y manuales. A su vez, existe un interés por parte de la Gerencia de Planta por realizar un estudio a dicha máquina, debido a un aumento en la frecuencia de fallas y a una escasez de actividades preventivas.

No ocurre lo mismo con la Fresadora CNC BS13, que es un modelo que se ajustada a las necesidades específicas de producción de la empresa, con diseños y ajustes personalizados, en donde la filtración de información es acotada y manejada de forma confidencial.

La inyectora Roto, clasificada como un equipo crítico, presenta fallas regulares que pueden ser controladas por el área de mantención, debido a un mayor conocimiento de sus sistemas y la antigüedad que acumula, por lo tanto, por el momento no existe un interés urgente para desarrollar un estudio sobre ella.

1.6.7. Selección de sistema crítico de insertadora ET 125

De los diferentes sistemas que presenta la máquina insertadora ET 125, se categorizaron según su criticidad para la selección del sistema más crítico (ver Tabla 1-9). La selección se realizó bajo el mismo método de la elección del equipo crítico, por lo tanto, los criterios son los mismos.

La frecuencia de fallas de cada sistema fue facilitada por el Jefe de Mantenimiento, y consiste en bitácoras diarias de actividades de mantenimiento registradas por los mecánicos y eléctricos. Para discriminar las fallas pertenecientes específicamente a la insertadora fue necesario aplicar filtros y categorizarlas según sistemas.

Los sistemas seleccionados según los rangos para la criticidad (ver Tabla 1-10) son: el sistema insertador y el sistema de taladros eléctricos.

Tabla 1-9. Análisis de criticidad para sistemas de la máquina insertadora ET 125.

Sistemas	FF	IO	FO	CM	SHA	Consecuencia	Total	Jerarquización
Sistema Insertador	3	8	2	6	4	26	78	CRÍTICO
Sistema Transmisión Potencia	2	8	2	6	4	26	52	SEMI CRÍTICO
Sistema Taladros Eléctricos	3	7	2	6	4	24	72	CRÍTICO
Sistema Lubricación	2	2	2	3	1	8	16	NO CRÍTICO
Sistema Neumático	2	4	2	3	1	12	24	NO CRÍTICO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1-10. Rangos para selección de criticidad.

Zonas de criticidad	
Crítico	Valores mayores o iguales a 70
Semi Crítico	Valores entre 30 y 69
No Crítico	Valores entre 0 y 29

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO CRÍTICO Y ANÁLISIS FMECA

2.1. DESCRIPCIÓN DE MÁQUINA INSERTADORA

Para la realización de un FMECA es necesario en primera instancia conocer el funcionamiento de la máquina crítica seleccionada. En Anexo A, se pueden observar parámetros importantes para su funcionamiento, como por ejemplo sus consumos eléctricos y las presiones de aire máximas y mínimas para los componentes del sistema neumático.

La máquina insertadora ET 125 posee un sistema de control numérico computarizado (CNC), el cual presenta la capacidad de controlar los movimientos de la máquina mediante instrucciones que se encuentran codificadas en números y letras. Las instrucciones son interpretadas por el software de control y produce distintas señales de salidas, permitiendo ejercer un mando sobre los componentes para llevar a cabo funciones. Dentro de ellas, encontramos el desplazamiento de la mesa insertadora en cinco ejes con posiciones distintas, capacidades de golpes por minutos del insertador, activación o desactivación de piezas como taladros, opciones de ramplas de aceleración en el insertado, todos movimientos automáticos. Posee una pantalla de control para interactuar con el operador, entregando opciones de configuración de parámetros, lecturas de parámetros, historiales de fallas producidas, valores del proceso en tiempo real, entre otros.

Algunas ventajas del sistema CNC son:

- Capacidad de realizar diseños básicos y complejos.
- Mayor precisión de elaboración gracias al software computarizado de control.
- Mayor rendimiento a un bajo costo.
- Reducción de la intervención de un operador, reduciendo errores humanos y generando mayor libertad al operador.
- Repetición de programas de trabajos, debido a que son almacenados en bases de datos.

Los turnos de trabajos establecidos por la empresa, en consideración de la demanda y la capacidad de la máquina, son de un turno de nueve horas, de lunes a viernes, y dependiendo del tipo de producto y de la cantidad requerida puede aumentar a dos turnos de nueve horas.

2.2. SISTEMAS DE MÁQUINA INSERTADORA

Los sistemas que componen a la máquina y hacen posible el proceso de fabricación son los siguientes: sistema neumático, sistema de transmisión de potencia, sistema insertador, sistema de taladros eléctricos y sistema de lubricación.

A continuación, se profundizará en los sistemas y equipos críticos seleccionados en el capítulo anterior, los cuales son el sistema insertador y el sistema de taladros eléctricos.

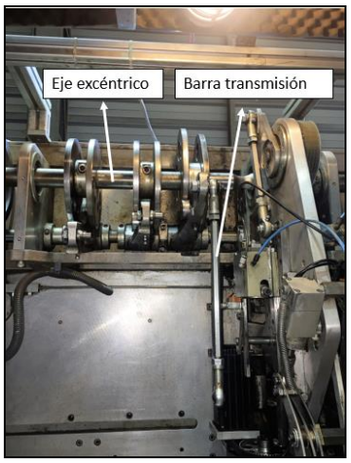
2.2.1. Sistema neumático

El aire es el encargado de transmitir la energía al sistema para el funcionamiento de válvulas y actuadores, a una presión de servicio de 6 bar. Los cilindros pueden ser cilindros de doble efecto y cilindros de vástagos paralelos, y se pueden encontrar en la unidad del insertador y en la mesa insertadora para la sujeción de los moldes de las escobillas. Las válvulas van a permitir el mando sobre la acción de los actuadores, regulando la dirección y la presión de aire. Las válvulas presentes son: distribuidoras, reguladoras de presión y de potencia, con mando eléctrico y mecánico. También se encuentra presente una unidad de mantenimiento, que tiene como función filtrar impurezas y partículas de agua presentes en el aire, regular la presión y a través de un manómetro indicar la presión existente.

2.2.2. Sistema de transmisión de potencia

El sistema de transmisión de potencia es quien permite transformar un movimiento giratorio generado por un eje excéntrico en un movimiento lineal hacia la barra de transmisión (ver Figura 2-1) del insertador, el cual debe estar sincronizado para el correcto insertado, permitiendo un desplazamiento del insertador desde un punto inferior a un punto superior.

A su vez, poleas dentadas permiten transmitir el movimiento entre ejes distanciados, unidos por correas dentadas, permitiendo el desplazamiento de la mesa insertadora en cinco direcciones, que pueden ser a lo largo, de forma lateral de dos niveles, en profundidad y en inclinación.

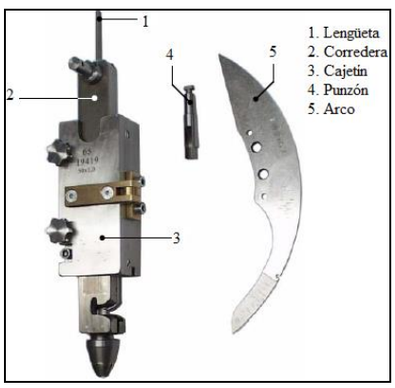


Fuente: Fotografía con cámara propia.

Figura 2-1. Eje excéntrico y barra de transmisión.

2.2.3. Sistema insertador

El insertador es la pieza fundamental para generar el insertado (ver figura 2-2). En él se encuentran piezas mecánicas, las cuales varían según el tipo de alambre a utilizar, el modo de insertado y el tipo de escobilla a fabricar. Para escobillas cilíndricas, se usará un alambre circular de lazos, el cual inserta el mechón de alambre en forma de lazo en los agujeros taladrados.

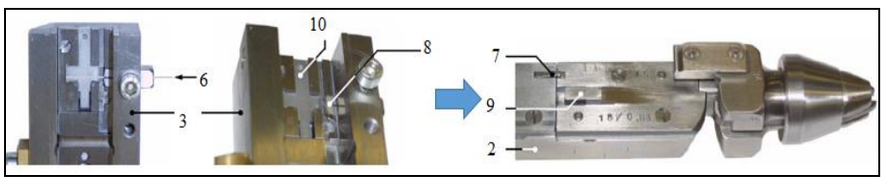


Fuente: Manual mecánico, ET 125 Zahoransky.

Figura 2-2. Partes del insertador de lazos.

Los pasos para desarrollar el insertado de lazos se explican en los siguientes párrafos, en donde es necesario tomar en cuenta las figuras para comprender en mejor medida el desarrollo de ellos.

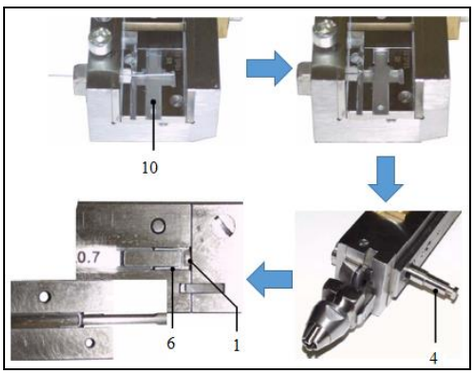
Desde el carrete de alambre de áncora, es empujado hacia el cajetín del insertador 3. El alambre será cortado por la cuchilla plana 7 (fija en la corredera del insertador 2) y la cuchilla cuadrangular 8 (fija en el cajetín del insertador) en el movimiento hacia arriba de la corredera del insertador (ver Figura 2-3). El alambre, luego de ser cortado con la ayuda de la placa del punzón 9 y de la placa formadora de lazos 10, se curvará formando una “U” en el movimiento hacia arriba de la corredera (ver Figura 2-4).



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 2-3. Detalle del ingreso de alambre en el insertador de lazos.

El punzón 4 desplaza la “U” al camino de la lengüeta y lo mantiene hasta que esta se lo lleva. La lengüeta 1 desplaza el alambre en forma de U (6) que se encuentra en su camino hacia abajo, en dirección a la cabeza del insertador (ver figura 2-4).

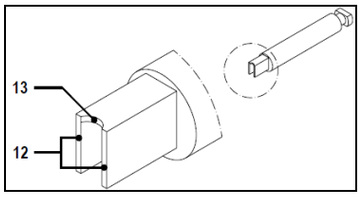


Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 2-4. Formación del alambre en “U”.

En la figura 2-5, se aprecia el punzón y la zona de contacto 12 y 13, las que interactúan con el alambre permitiendo curvarlo en forma de “U”, mencionado anteriormente.

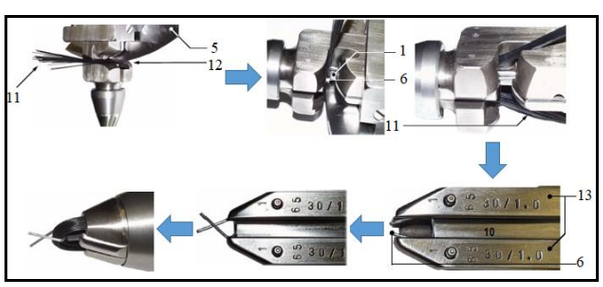
Es importante detallar su estructura para más adelante conocer las diferencias con el punzón de la insertadora de áncoras.



Fuente: Manual de mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 2-5. Punzón de la insertadora de lazos.

Considerando la Figura 2-6, los pasos que le siguen son los siguientes. El arco 5 toma del depósito de material un mechón 11 y lo lleva a la entrada del insertador 12 (el mechón permanece exactamente en el camino de la lengüeta). La lengüeta 1 desplaza el alambre en forma de U (6) en dirección de la cabeza del insertador, quitando el mechón 11 del arco y permaneciendo éste en el alambre con forma de U (6). El mechón se doblará por la mitad durante el movimiento hacia debajo de la lengüeta, y será empujado dentro de las mandíbulas. En la salida de las mandíbulas 13, cuando la cabeza del insertador permanece alrededor de 0,8 mm por encima de la escobilla, el alambre en forma de U se cruzará para formar un lazo, insertando el conjunto del mechón con el alambre a la base de la escobilla (ver Figura 2-6).

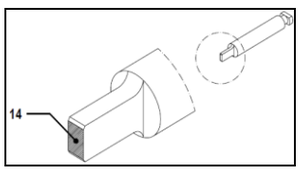


Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 2-6. Formación del alambre en forma de lazo junto con el mechón.

Para las escobillas de zapato, a diferencia de las escobillas cilíndricas, se utiliza un alambre plano de áncora, con dimensiones de 0,4 mm de ancho por 4,99 mm de largo, el cual se inserta junto con el mechón de pelo en los agujeros de la base de la escobilla.

El proceso requiere de realizar un cambio hacia un insertador de áncoras, debido a la variación del alambre y del método de insertado. Para este caso, el alambre no es curvado, sino que es seccionado. Por tanto, el insertador necesita variar el elemento punzón 14 (ver Figura 2-7). Tiene la característica de realizar un corte sobre el alambre plano de áncora, para permitir fijar el mechón de pelo en el fondo del agujero de la base de escobilla de zapato.



Fuente: Manual del mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 2-7. Punzón de insertadora de áncoras.

2.2.4. Sistema de taladros eléctricos

Un motor eléctrico suministra la energía hacia dos taladros ubicados en los extremos de la mesa insertadora, a través de una correa. Los taladros permiten realizar agujeros en las bases de las escobillas, a velocidades que pueden ser modificadas en la pantalla del CNC.

Los elementos que participan en este sistema son: motores eléctricos, correas, unidad portabrocas y brocas.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-8. Motor eléctrico para accionamiento de taladro.

2.2.5. Sistema de lubricación

El sistema de lubricación se realiza de forma automática por el programa de la máquina, pudiendo seleccionar los intervalos de tiempo para la lubricación. También existe la opción de realizar una lubricación de forma manual, a través de puntos de lubricación.

Los puntos a lubricar son piezas mecánicas detalladas en el sistema mecánico, principalmente piezas del insertador y del eje excéntrico.

Los elementos que participan en el sistema son: un depósito; el cual almacena el aceite lubricante, un sensor medidor de nivel del aceite; alertará sobre una baja de nivel, y una bomba; que permite trasladar el aceite por medio de cañerías hacia los puntos de lubricación.

2.3. PRODUCTOS FABRICADOS

La máquina insertadora permite la fabricación de tres tipos de escobillas, que son: escobillas cilíndricas grandes y cilíndricas chicas; para el uso de limpieza de frutas, y escobillas de zapato; para lustrar zapatos (ver Figura 2-9).

Fuente: http://www.wesser.cl/

Figura 2-9. Escobillas Cilíndricas (grandes y chicas) y Escobilla de Zapato.

Ambas escobillas son fabricadas de polímeros o plástico. En el Anexo C, se describen las cantidades de unidades realizadas para cada escobilla y los turnos normalmente necesarios para ello.

2.3.1. Escobilla de zapato

La escobilla de zapato consta de un set de dos escobillas (ver Figura 2-9), una de ellas es una escobilla de mango; quien esparce en forma pareja el betún, y la otra es una escobilla de base; que permite dar un acabado brillante en la superficie del zapato.

Para desarrollar las cerdas adecuadas para su uso, es necesario ajustar ciertos parámetros en la máquina Insertadora ET 125 (ver Anexo D). En primera instancia, se procederá a realizar agujeros con un taladro y broca de 4 mm en las bases de las escobillas, con un total de 79 para la escobilla base y de 16 para la escobilla de mango. También se debe definir el tipo de cerda en específico a insertar, las que en este caso será una cerda de polipropileno o fibra sintética, con un diámetro de 0,15 mm. El alambre que fijará el mechón de fibra en la base de la escobilla es un alambre plano de acero de 0,4 mm de ancho por 4,99 mm de largo, con una profundidad del insertado de 6 mm.

2.3.2. Escobillas cilíndricas

Las escobillas cilíndricas se descomponen en escobillas cilíndricas grandes y escobillas cilíndricas chicas (ver Figura 2-9).

Ambas tienen su uso en la agricultura, para fines de limpieza de frutas. Sus bases son de polipropileno reciclado y se fabrican para dos tamaños de diámetros, de 65 y 75 mm, para ejes de 1/2” hasta 2”.

Las cerdas que son insertadas pueden ser de polipropileno (fibra sintética) o poliamida (nylon), con diámetros entre 0,15 y 0,60 mm, los que dependerán de los requerimientos del cliente, según el tipo de fruta a tratar.

El insertado requiere de la configuración de parámetros (ver Anexo D) para lograr el insertado dentro de los agujeros. Los agujeros se realizarán con taladros y brocas de 5 mm, con una cantidad de perforaciones de 240 para las escobillas cilíndricas grandes y de 112 para las escobillas cilíndricas chicas. Dentro de ellos, se insertará el mechón de fibra, que puede ser de polipropileno y de nylon, con dimensiones de diámetro que pueden ir entre los 0,15 – 0,20 y 0,40 mm para ambos casos. El mechón de fibra será sujetado y fijado a la base de la escobilla por medio de un alambre circular en forma de lazo, con un diámetro de 0,8 mm por 18 mm de largo.

2.4. ANÁLISIS FUNCIONAL

Para realizar un correcto mantenimiento es necesario conocer todas las funciones de los activos y asegurar que se lleven a cabo junto con los parámetros de funcionamientos deseados.

Al momento de definir las funciones, es importante definir el funcionamiento deseado por la empresa de manera específica, de tal manera que el departamento de mantenimiento pueda asegurar que las máquinas o activos continúen realizando las funciones por las cuales fueron adquiridos. Para ello, nos basaremos según la norma SAE JA 1012, la cual indica que todas las funciones deben contener un verbo, un objeto y un estándar de funcionamiento esperado, permitiendo tener un mejor control sobre lo que se quiera obtener.

Actualmente, la máquina insertadora a evaluar posee un envejecimiento y un deterioro que se puede ver reflejado en las fallas registradas en las bitácoras, debido a un desgaste de las piezas y de los distintos sistemas, conllevando a una disminución en la capacidad nominal. Para ello, se evaluarán las funciones según los parámetros actuales de funcionamiento, indicando los valores o estándares mínimos para cumplir con las producciones exigidas y asegurar su correcto funcionamiento.

Las funciones a desarrollar se dividen principalmente en dos categorías: funciones primarias y funciones segundarias. A continuación, se detallarán las funciones para el equipo crítico seleccionado; el cual es la insertadora ET 125, y los sistemas críticos seleccionados; el sistema insertador y el sistema de taladros eléctricos.

2.4.1. Funciones primarias

La función primaria de la máquina insertadora ET 125 es la principal razón por la cual fue adquirida la máquina ET 125, la cual es “insertar mechones de cerdas, fibras o mezclas de ambos para la confección de escobillas o cepillos”.

Para el sistema insertador, la función primaria es “insertar un mechón de fibra de 0,15 – 0,20 y 0,40 mm desde el cargador de material hacia el insertador, por medio de un arco, a una capacidad mínima de 240 golpes por minutos, con alambres de 0,8 x 18 y 0,4 x 4,99 mm y a profundidades de 6,0 – 6,5 y 7,0 mm".

Para el sistema de taladros eléctricos la función primaria es “Taladrar a 16.000 rpm agujeros en bases de escobillas: 95 agujeros para escobillas de zapato, 240 agujeros para escobillas cilíndricas grandes y 112 agujeros para escobillas cilíndricas chicas, a profundidades de 6,0 – 6,5 y 7,0 mm”.

2.4.2. Funciones secundarias

Son aquellas funciones que se deben cumplir sumadas a las funciones primarias. Conciernen funciones ligadas a las áreas de integridad ambiental, seguridad, protección, control, confort, apariencias, eficiencia de energía e integridad estructural.

Para la máquina insertadora ET 125 las funciones secundarias son:

- Desplazar la mesa en cinco ejes
- Mantener la seguridad hacia el operador del eje excéntrico y motores eléctricos a través de protecciones
- Repetir procesos de insertado guardados en la base de datos del sistema CNC
- Controlar y variar parámetros a través de una pantalla CNC
- Permitir rampas de aceleración en el insertado para piezas de mayores dimensiones.

Para el sistema insertador las funciones secundarias son:

- Insertar mechones de fibras a presión de servicio de 6 bar.
- Permitir alambres de 0,8 x 18 y 0,4 x 4,99 mm.
- Permitir fibras de polipropileno y nylon de 0,15 – 0,20 – 0,40 mm.

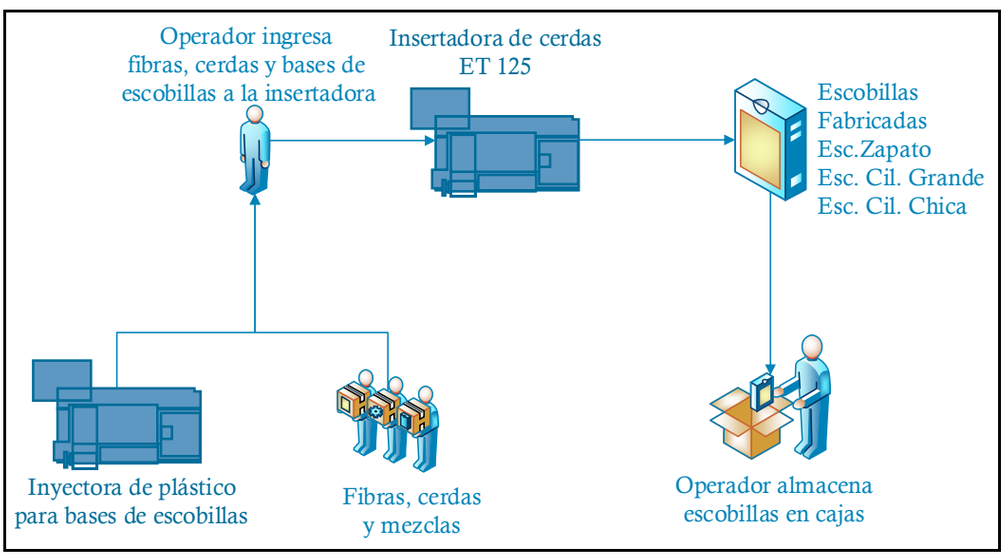
Para el sistema de taladros eléctricos las funciones secundarias son:

- Taladrar agujeros con brocas de tamaños de 5 y 6 mm.

2.4.3. Análisis SIPOC

Una vez analizadas las funciones, es necesario analizar y conocer el proceso de funcionamiento de la máquina insertadora ET 125, indicando cuales son las actividades necesarias para lograr generar los productos a comercializar. Para aquello, se analizará el proceso con la ayuda de la herramienta SIPOC, la cual significa en sus siglas en inglés Supplier (proveedor), Input (entrada), Process (proceso), Output (salida) y Customer (cliente). Dicho diagrama de flujo nos ayudará a identificar de manera acabada los límites del proceso, detectar los principales participantes del proceso; quienes hacen posible el inicio, quienes realizan la actividad y quienes la finalizan, los insumos necesarios; fibras, cerdas o mezclas, y las etapas del proceso.

En el Diagrama 2-1, se ilustra de manera dinámica los actores que participan en la elaboración de las escobillas. En él, se indican los proveedores; como lo son la máquina inyectora de plástico; para la elaboración de bases de escobillas, y las cerdas, fibras y mezclas; para el insertado. A continuación, el operador recepciona los productos y los ingresa a la máquina, logrando que se genere el insertado sobre las bases de las escobillas, fabricando los diferentes tipos de escobillas. Finalmente, el operador las dispone en cajas para su posterior distribución.



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 2-1. Proceso de fabricación.

2.4.3.1. Supplier (proveedor)

El operador es el encargado de proveer los productos necesarios para la fabricación de escobillas, los cuales provienen desde proveedores internos a la empresa, como la sección de plásticos; distribuyendo las bases de las escobillas, y proveedores externos a la empresa; para la distribución de fibras, cerdas o mezclas.

Dentro de los proveedores se encuentra una máquina inyectora de plásticos de marca Presma y modelo Roto HP/BIC de diez estaciones, ubicada en la sección de plásticos, quien distribuye las bases de escobillas de zapatos, escobillas cilíndricas chicas y escobillas cilíndricas grandes.

También existen proveedores externos, es decir, no pertenecen a un proceso de la empresa. Son necesarios para la adquisición de fibras de Nylon y de Polipropileno. A su vez, proveen mezclas de fibra y crin en cajas de 25 kg.

2.4.3.2. Input (entrada)

Los productos que ingresan a la máquina, por intermedio del operador, son: fibras, crin, mezclas de fibras y crin, escobillas de zapato, escobillas cilíndricas chicas y escobillas cilíndricas grandes. Para las escobillas de zapatos se ingresan en sacos de 320 unidades para las bases, y 550 unidades para los mangos. Las bases de escobillas cilíndricas ingresan en sacos de 220 unidades para las chicas y 350 unidades para las grandes.

Las fibras, crin, o mezclas entre ambos productos, son ingresadas a través de un cargador frontal por el operador, con diámetros que varían entre de 0,15 – 0,20 y 0,40 mm, envueltos en forma de un cilindro con un largo de 1,20 m,

Las escobillas de zapato son depositadas en un molde el cual puede almacenar cinco sets de escobillas (base más el mango), de forma manual por el operador y hacia la mesa de la insertadora.

2.4.3.3. Process (proceso)

El operador ingresa las bases de las escobillas dispuestas en moldes hacia la mesa insertadora, quien se desplazará hacia la zona de los taladros para efectuar las perforaciones necesarias. Los taladros perforan a una velocidad de 16.000 rpm, realizando agujeros los cuales varían según el tipo de escobilla. Los agujeros realizados son: 95 para las bases de escobillas de zapatos, 240 para las bases de escobillas cilíndricas grandes y 112 para las bases de escobillas cilíndricas chicas.

Una vez realizado los agujeros, la mesa se desplaza hacia la zona del insertador, quien introduce mechones de fibras o mezclas con una capacidad nominal de 320 golpes por minuto y una capacidad mínima de 240 golpes por minuto.

Al finalizar el proceso del insertado, el operador retira de forma manual los moldes con las escobillas e ingresa otro molde de base de escobilla en la zona libre. La mesa se moverá hacia la zona de taladros, para dar inicio a un nuevo ciclo periódico del proceso de insertado.

2.4.3.4. Output (salida)

Una vez generado el proceso de insertado, se obtienen escobillas de zapatos, escobillas cilíndricas grandes y escobillas cilíndricas chicas, las cuales son retiradas por el operador.

Las cantidades de escobillas mínimas realizadas en un turno de nueve horas fueron determinadas por el departamento de producción, y son las siguientes: 700 unidades para las escobillas de zapatos, 200 unidades para las escobillas cilíndricas grandes y 300 unidades para las escobillas cilíndricas chicas.

2.4.3.5. Customer (cliente)

Para finalizar el proceso de fabricación de las escobillas, el operador realiza el recorte y ajuste del largo de aquellos pelos que se encuentran fuera de rangos. El recorte lo realiza con la ayuda de una máquina recortara, ubicada cercana a la máquina insertadora.

Finalmente, el mismo operador es quien deposita cada tipo de escobillas en cajas distintas. Para las escobillas de zapatos, deposita 132 unidades, para las escobillas cilíndricas grandes deposita 42 unidades, y para las escobillas cilíndricas chicas también deposita 42 unidades.

En la Tabla 2-1, se puede apreciar el análisis del diagrama SIPOC con las funciones para cada uno de los procesos, ya sean los proveedores de materias primas, las entradas hacia la insertadora, el proceso de fabricación, los productos fabricados como salidas, y el cliente para la recepción del producto.

Tabla 2-1. Análisis del diagrama SIPOC.

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Clientes
Fibras de Nylon y Polipropileno con diámetros de 0,15–0,20 y 0,40 mm de largos de 1,20 m desde un proveedor externo a la empresa.	Operador ingresa de forma manual fibras o mezclas en cajas de 25 kg a través de un cargador frontal a razón de un taco de fibra por set de escobillas.	Taladrar en base de escobillas de zapatos 95 agujeros a 16.000 rpm.	Escobillas de zapatos a no menos de 700 unidades, por turnos de 9 hr.	Set escobillas de zapato en cajas de 132 unidades.
		Taladrar en bases de escobillas cilíndricas grandes 240 agujeros a 16.000 rpm.	Escobillas cilíndricas grandes a no menos de 200 unidades, por turnos de 9 hr.	Escobillas cilíndricas grandes y chicas en cajas de 42 unidades.
Bases de escobillas de zapato (base más el mango), bases cilíndricas grandes y bases cilíndricas chicas, desde máquina inyectora de plástico ubicada en la sección de plástico.	Operador ingresa escobillas de zapatos en sacos de 320 (bases) y 550 (mangos) unidades.	Taladrar en bases de escobillas cilíndricas chicas 112 agujeros a 16.000 rpm.	Escobillas cilíndricas chicas a no menos de 300 unidades por turnos de 9 hr.	
	Operador ingresa escobillas cilíndricas chicas en sacos de 220 unidades.	Insertar un mechón de fibras desde el cargador de material hacia el insertador por medio del arco, a una capacidad nominal de 320 golpes por min.		
	Operador ingresa escobillas cilíndricas grandes en sacos de 350 unidades.	Insertar un mechón de fibras desde el cargador de material hacia el insertador por medio del arco, a una capacidad mínima de 240 golpes por min.		

Fuente: Elaboración propia.

2.5. ANÁLISIS FMECA

El FMECA o análisis de modos, efectos y criticidad de fallas, es una herramienta perteneciente al RCM. Proporciona la metodología y orientación para identificar y evaluar fallas potenciales de un equipo o un proceso, y los efectos que éstas generan. Junto con ello, se determina la criticidad del evento, con el fin de priorizar aquellas que vulneran en mayor medida la confiabilidad del sistema.

Para realizar el FMECA, se utilizará la norma SAE Standard JA1011; que indica los criterios de evaluación para procesos RCM, y la norma SAE Standard JA1012; la cual amplifica y aclara cada uno de los criterios listados en SAE JA1011. En ellas, se explica de forma breve definiciones para poder realizar el FMECA, algunas de ellas fueron analizadas anteriormente, y sus definiciones se detallan a continuación:

- Función: Se distinguen dos tipos de funciones, función primaria; que es la razón principal por la cual fue adquirido el activo, y función secundaria; las funciones que se espera pueda cumplir un activo más allá de las funciones primarias. Cada función debe consistir en de un verbo, un objeto y un estándar de funcionamiento.
- Falla funcional: Estado en el cual el equipo no se encuentra disponible para ejercer las funciones deseadas esperadas por el usuario.
- Modo de falla: Cualquier evento que causa una falla funcional de un activo.
- Efecto de falla: Síntomas que describe lo que ocurre cuando se produce cada modo de falla y antes de provocar una falla funcional.
- NPR: Número de prioridad de riesgo. Considera los factores de severidad, ocurrencia y detectabilidad.
- Severidad: Evalúa la gravedad de la consecuencia frente a un modo de falla. Se determina en una escala del 1 al 10 (ver Anexo B).
- Ocurrencia: Evalúa con qué frecuencia se produce la causa del modo de falla. Se utiliza una escala de evaluación del 1 al 10 (ver Anexo B).
- Detectabilidad: Evalúa para cada modo de falla la probabilidad de detectar dicha falla por personal a cargo de la máquina. Se utiliza una escala del 1 al 10 (ver Anexo B).

Las puntuaciones de las variables de severidad, ocurrencia y detectabilidad fueron asignadas en conjunto con el Jefe del Mantenimiento de la empresa, quien facilitó bitácoras de actividades de mantenimiento de los meses de enero hasta octubre del año 2017, y a su vez, entrego información acerca de los tipos de mantenimiento que se realizan específicamente en la máquina insertadora, los cuales son reactivos correctivos

y reactivos restaurativos. Además, en conversación con el operador, se pudo recopilar información acerca de los tipos de fallas que se presentan y la frecuencia de ellas.

Las funciones primarias y secundarias para realizar el FMECA se pueden visualizar del diagrama SIPOC (ver Tabla 2.1), en el cual se especifican las funciones para el sistema insertador y el sistema de taladros eléctricos, con sus estándares de funcionamientos.

El análisis FMECA se realiza al sistema insertador (ver Tabla 2-2) y al sistema de taladros eléctricos (ver Tabla 2-3), en donde se detallan las funciones de los sistemas, las fallas que pueden desarrollar una pérdida de sus funciones y los síntomas previos que vislumbran que está ocurriendo una falla.

Sumando a lo anterior, se obtienen los valores de criticidad de cada modo de falla, el cual se calcula según el NRP (número de prioridad de riesgo), y consta en multiplicar las variables de severidad (S), ocurrencia (O) y detectabilidad (D), obteniendo las zonas de criticidad que se aprecian en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Rangos para selección de criticidad.

Zonas de criticidad	
Crítico	Valores mayores o iguales a 140
Semi Crítico	Valores entre 70 y 139
No Crítico	Valores entre 0 y 69

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios para analizar cada modo de falla y obtener el NPR, se obtuvieron de la Norma SAE J1739. Los criterios usados bajo la norma son: criterios sugeridos para la evaluación de la severidad (ver Anexo B, Tabla B-3), criterios sugeridos para la evaluación de la ocurrencia (ver Anexo B, Tabla B-1), criterios sugeridos para la evaluación de la detección (ver Anexo B, Tabla B-2).

Tabla 2-3. Análisis FMECA para el sistema de taladros eléctricos y NPR.

Sistema		Máquina Insertadora ET 125									
Subsistema		Sistema de Taladros Eléctricos									
Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla		Análisis de Criticidad			
								S	O	D	NPR
1	Taladrar a 16.000 rpm agujeros en bases de escobillas: 95 escobillas de zapato, 240 escobillas cilíndricas grandes, 112 escobillas cilíndricas chicas, a profundidades de 6,0-6,5-7,0 mm.	1	Incapacidad de taladrar agujeros	A	Rotura de broca	1	Broca: Temperatura elevada.	6	5	3	90
						2	Broca: Grietas en cuerpo.				
						3	Broca: Deformación en cuerpo.				
						4	Broca y Portabrocas: Soltura entre ambas.				
						5	Broca y Portabrocas: Vibraciones excesivas.				
				B	Corte de correa trapezoidal de transmisión	1	Correa: Resbalamiento.	6	3	3	54
						2	Correa: Quemaduras, endurecimiento, agrietamiento.				
						3	Correa: Superficie hinchada, pegajosa, escamosa.				
						4	Correa: Ruido de roce, silbido, rechinamiento.				
						5	Correa: Vibraciones anormales.				
				C	Quemadura de motor eléctrico de taladros	1	Caja conexiones: Terminales corroídos.	7	1	5	35
						2	Caja conexiones: Cables sueltos.				
						3	Caja conexiones: Falsos contactos.				
						4	Cuerpo motor: Vibraciones mecánicas.				
						5	Ventilación motor: Tapada por suciedad u obstruida.				
						6	Carcasa motor: Temperatura elevada.				
						7	Tensión: Variaciones de alto y bajo voltaje.				
				D	Rotura eje excéntrico	1	Eje: Vibraciones en descansos.	8	2	3	48
						2	Eje: Ruidos mecánicos.				
						3	Cuerpo: Grietas en eje.				
				E	Rotura de barra transmisión de insertador	1	Cuerpo: Vibraciones.	8	3	4	96
						2	Cuerpo: Grietas, fisuras.				
						3	Conjunto transmisión: Ruidos mecánicos.				
		2	Reducción de velocidad a menos de 16.000 rpm	A	Trabamiento de eje excéntrico	1	Cojinetes: Temperatura elevada.	3	4	7	84
						2	Cojinetes: Vibraciones en el eje.				
						3	Aceite: Ausencia o con suciedad.				
				B	Trabamiento de motor eléctrico de taladros	1	Rodamiento: Temperatura en descansos.	2	3	9	54
						2	Rodamiento: Vibraciones en descansos.				
						3	Rodamientos: Fuga de lubricante.				
						4	Rodamientos: Contaminación en superficie.				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-4. Análisis FMECA para el sistema insertador y NPR.

Sistema		Máquina Insertadora ET 125									
Subsistema		Sistema Insertador									
Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla		Análisis de Criticidad			
								S	O	D	NPR
2	Insertar un mechón de fibras de 0,15-0,20 y 0,40 mm desde el cargador de material hacia el insertador, por medio del arco, a una capacidad mínima de 240 golpes por minutos, con alambres de 0,8 x 18 y 0,4 x 4,99 mm, y a profundidades de 6,0 – 6,5 y 7,0 mm	1	Incapacidad de insertar mechones de fibras	A	Rotura lengüeta	1	Ruido en insertador.	8	8	3	192
						2	Grietas, fisuras.				
				B	Acumulación de fibras en entrada de insertador	1	Desborde de material en cargador frontal.	1	7	2	14
						2	Mechón insertado en escobillas suelto.				
				C	Rotura eje excéntrico	1	Eje: Vibraciones en descansos.	8	2	4	64
						2	Eje: Ruidos mecánicos.				
						3	Cuerpo: Grietas en eje.				
				D	Rotura de barra transmisión de insertador	1	Vibraciones.	8	3	4	96
						2	Grietas, fisuras.				
						3	Ruido conjunto transmisión.				
		2	Disminuye la capacidad de golpes nominal y mínima de insertado.	A	Fugas de aire en componentes	1	Líneas: Roturas.	3	5	7	105
						2	Líneas: Bloqueadas.				
						3	Conexiones y racores mal ajustados.				
						4	Ruidos escape de aire: Válvulas, cilindros, compresor.				
						5	Cilindros: Émbolo no recorre toda su carrera.				
						6	Compresor: Asiento de válvula gastado.				
				B	Trabamiento de compresor	1	Rodamiento: Temperatura en descansos.	3	2	8	48
						2	Rodamiento: Vibraciones en descansos.				
						3	Rodamientos: Huellas de gripado en aro interior.				
						4	Rodamientos: Contaminación en superficie.				
						5	Conexiones: Cables eléctricos sueltos, sulfatados.				
				C	Saturación filtro unidad de mantenimiento	1	Cilindros: Pérdida de fuerza sobre moldes de escobillas.	3	3	7	63
						2	Depósito separador de agua sucio.				
				D	Trabamiento de eje excéntrico	1	Cojinetes: Temperatura elevada.	3	4	7	84
						2	Cojinetes: Vibraciones en el eje.				
						3	Aceite: Ausencia o con suciedad.				

Fuente: Elaboración propia.

De los dos sistemas analizados, la falla más crítica, según NPR, es rotura de lengüeta, con un valor de 192, la cual considera las variables de severidad, ocurrencia y detectabilidad.

La rotura de lengüeta tiene una severidad muy alta, debido a que existe un solo insertador, ocasionando la perdida de las funciones y una perturbación grave en la producción de escobillas cilíndricas y de zapatos, fabricadas por la máquina. La ocurrencia es alta; con fallas frecuentes, y la detectabilidad también es alta; debido a que al momento de producirse la falla existe una alta probabilidad de ser detectada por el operador y los mecánicos.

CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO Y EVALUACION TÉCNICA - ECONÓMICA

3.1. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Para lograr la planificación de actividades, es necesario evaluar las consecuencias de cada modo de fallas expuestos en el análisis FMECA a través de un diagrama de decisión RCM, el cual será de guía para determinar el tipo de tarea de mantenimiento a realizar, las cuales pueden aludir a un mantenimiento reactivo, preventivo, predictivo, reacondicionamiento cíclico y/o sustitución.

Considerando lo anterior, se expondrá una propuesta de un plan de mantenimiento, indicando tareas de mantenimiento, periodicidades y el personal requerido para cada actividad.

3.2. CONSECUENCIAS DE FALLAS

Cada evento o falla afecta de alguna manera a la empresa a cargo del activo. Algunas de ellas pueden afectar a la producción, la atención al cliente, a la seguridad del personal, al medio ambiente y a los costos operativos. La naturaleza y la gravedad de estos efectos va a definir la forma en como la empresa y el departamento de mantenimiento deben abordarlas. Conociendo los efectos se puede determinar si las consecuencias son serias; de tal manera de realizar esfuerzos por prevenir la falla o al menos anticiparse para poder mitigarlas o reducir las consecuencias, o si son consecuencias menores; en donde quizás una de las soluciones podría ser no tomar ninguna acción proactiva y sí una acción correctiva, realizando una reparación cada vez que la falla se presente.

Sera necesario evaluar las consecuencias de las fallas, y así poder decidir si es válido ejecutar una tarea de mantenimiento. Por lo tanto, se deben considerar las funciones ocultas y funciones evidentes para que puedan ser tratas adecuadamente, las cuales se analizarán a continuación.

3.2.1. Funciones ocultas

Las funciones ocultas son aquellas en donde cuya falla no será evidente al personal bajo circunstancias normales de operación, de tal manera, que no es posible identificar si un componente ha fallado a menos que se acompañe con otra falla.

3.2.2. Funciones evidentes

Las funciones evidentes son aquellas en donde cuya falla eventualmente o inevitablemente será evidente por si sola al personal bajo circunstancias normales de operación. Es decir, al producirse la falla se originan luces de advertencias, alarmas sonoras, detención automática de la máquina o de un sistema, defectos en la calidad de los productos fabricados, ruidos y/o vibraciones fuertes.

3.2.3. Fallas evidentes

Es un modo de falla cuyos efectos son evidentes para el personal de mantenimiento bajo circunstancias normales de operación. Estas se clasifican en tres categorías:

- Consecuencias para la seguridad y medio ambiente: Para la seguridad genera lesiones o muertes y para el medio ambiente provoca el infringir normas medio ambientales ya sean de carácter corporativo, regional o nacional. Sera válido realizar actividades de mantenimiento si se reduce la probabilidad de la falla a niveles bajos, de lo contrario se debe buscar un rediseño.
- Consecuencias operacionales: Afecta a la producción, ya sea a: el volumen de producción, la calidad del producto, el servicio al cliente, los costos operacionales y los costos directos de reparaciones. Será válido realizar actividades de mantenimiento si a lo largo de un periodo de tiempo, cuesta menos el costo de las consecuencias operacionales más que el costo de reparar la falla, de lo contrario, se debe buscar un rediseño.
- Consecuencias no operacionales: No afectan a la seguridad ni a la producción, de manera que sólo involucra el costo directo de la reparación. El realizar actividades de mantenimiento será justificado si cuesta menos las consecuencias no operacionales en relación a los costos de reparaciones, de no ser así, se debe buscar un rediseño.

3.2.4. Fallas ocultas

Las fallas ocultas son modos de fallas cuyos efectos no son evidente para el personal de mantenimiento bajo circunstancias normales de operación, generando una pérdida de funciones.

Al generar una falla oculta, la pérdida de funciones no es evidentes para el personal. Si, por el contrario, la falla es innegable, se podría hablar de una falla evidente.

3.3. TIPOS DE MANTENIMIENTOS

Las actividades y acciones que se pueden seleccionar para manejar las fallas deben lograr reducir sus consecuencias para justificar los costos directos e indirectos. Se pueden dividir en un mantenimiento predictivo y en un mantenimiento preventivo.

3.3.1. Mantenimiento predictivo o tareas a condición

Consiste en la búsqueda de síntomas que permitan identificar una falla potencial, generando mayor tiempo para planificar y tomar las acciones necesarias para evitar las consecuencias. En RCM se conoce como tareas a condición, las cuales se basan en las siguientes técnicas:

- Técnicas de monitoreo de condición; implica el uso de un equipo especializado para el monitoreo de fallas potenciales, a través de técnicas que se clasifican según los síntomas a monitorear, los cuales pueden ser efectos dinámicos (análisis de vibraciones), de partículas (ferrografía), químicos (detección química de contaminantes en fluidos), físicos, de temperatura y/o eléctricos.
- Variaciones en la calidad del producto obtenido al final del proceso de fabricación.
- Monitoreo de los efectos primarios; implica el uso de indicadores y equipos de monitoreo.
- Técnicas de inspección basadas en los sentidos humanos (tacto, oído, vista, olfato).

3.3.2. Mantenimiento preventivo

Son todas aquellas tareas de mantenimiento realizadas a intervalos fijos, independiente del estado del componente.

En RCM se divide en reacondicionamiento cíclico y sustitución cíclica, detallados a continuación:

3.3.2.1. Reacondicionamiento cíclico

Consiste en reconstruir un componente antes o en el límite de su vida útil, independiente del estado en que se encuentre en ese momento.

Son revisiones o cambios completos hechos a intervalos preestablecidos para prevenir los modos de fallas relacionados con la edad.

El desarrollar este tipo de tareas debe ser factible cuando:

- Es posible identificar en el activo el momento que comienza a presentar un rápido incremento en la probabilidad de fallar, es decir, posee una vida útil.
- El activo debe poder sobrevivir dicha vida útil, de lo contrario se produce un aumento en las fallas imprevistas.
- El reacondicionamiento cíclico debe poder restablecer el activo a su estado original o al menos cercano a ello, asegurando que el equipo sea capaz de cumplir sus funciones por un tiempo razonable.

3.3.2.2. Sustitución cíclica

Radica en descartar un componente antes o en el límite de su vida útil, independiente de su condición en ese momento. La frecuencia con la cual se llevan a cabo este tipo de tareas está regida por la edad a la que el componente muestra un incremento en la probabilidad de fallar.

La sustitución cíclica es factible cuando existe una edad identificable cuando el activo presenta un rápido incremento en la probabilidad de fallar.

3.3.3. Mantenimiento reactivo

Es el tipo de mantenimiento en el que las acciones se toman cuando se produce una falla en el equipo, realizando actividades para restablecer sus funciones originales. Se estable para situaciones de emergencias y situaciones programadas. Las situaciones de emergencias hacen referencia a dos tipos de mantenimiento reactivo, los que son:

- Mantenimiento reactivo correctivo: Actúa al momento de producirse una falla catastrófica, lo que se debe a una inexistencia en la planificación y programación de actividades, requiriendo de un personal que se encuentra fuera de planta, conllevando a mayores costos.
- Mantenimiento reactivo restaurativo: Son situaciones programadas, vale decir, se programan actividades al detectar fallas potenciales, lo que genera un menor impacto en la producción por una planificación oportuna, considerando los repuestos a utilizar para contar con ellos al momento de generarse la falla potencial.

3.3.4. Acciones a falta de

Estas tareas tratan con el estado de la falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones a “falta de” incluyen la búsqueda de fallas y el rediseño, descritas a continuación.

3.3.4.1. Búsqueda de la falla

Las tareas de búsqueda de fallas consisten en verificar una función oculta a intervalos de tiempo regulares para ver si ha fallado.

3.3.4.2. Rediseño

Se refiere a cualquier cambio en la especificación de algún componente, es decir, cualquier variación que implique un cambio en planos, diseños técnicos, agregar un nuevo componente y/o la sustitución de un equipo o máquina por una de marca diferente o tipo diferente.

3.4. DIAGRAMA DE DECISIÓN RCM

El diagrama de decisión RCM (ver Anexo E) es el encargado de relacionar la información recolectada para la selección del tipo de tarea de mantenimiento que se aplicaran a cada modo falla, reduciendo la probabilidad de ocurrencia de fallas funcionales.

Las columnas F, FF y MF, hacen referencia a la función (F), falla funcional (FF) y modo de falla (MF). Se utilizan para correlacionar las referencias entre la hoja del FMECA y la hoja de decisión RCM.

Las columnas H, S, E y O, hacen referencia a las consecuencias del fallo oculto (H), consecuencias para la seguridad (S), consecuencias del medio ambiente (E) y consecuencias operacionales (O).

Las columnas H1, S1, E1, O1 y N1 son utilizadas para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición.

Las columnas H2, S2, E2, O2 y N2 son utilizadas para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico.

Las columnas H3, S3, E3, O3 y N3 son utilizadas para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclico.

Las columnas H4, S4, E4, O4 y N4 son utilizadas para registrar las respuestas a las tres preguntas “a falta de”.

En la Tabla 3-1 y Tabla 3-2, se aprecian los registros del diagrama de decisión RCM para los modos de fallas del sistema insertador y el sistema de taladros eléctricos. Se indican las tareas propuestas para cada uno de los modos de fallos, según las respuestas de cada pregunta formulada en el diagrama de decisión (ver Anexo E).

Las actividades propuestas fueron tareas a condición (mantenimiento predictivo), debido a que es significante realizar actividades de mantenimiento que alerten con anterioridad la probabilidad de ocurrencia de una falla potencial. Para ello, se eligieron técnicas para la detección de fallas, y algunas de ellas son: termografía, análisis de vibraciones y tintas penetrantes.

Cada tarea de mantenimiento tiene asociada una frecuencia de realización, que pueden ser de forma diaria, mensual y/o anual. A su vez, cada una de las tareas tiene un responsable de su ejecución, eligiendo al personal más idóneo para cada una de ellas, todos pertenecientes a la empresa Wesser S.A.

Tabla 3-1. Hoja de decisión RCM para el sistema de taladros eléctricos.

Hoja de decisión RCM			Sistema										Máquina Insertadora ET 125		
			Sub-sistema										Sistema Taladros Eléctricos		
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas a Falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	Ejecutador
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	1	A	S	N	N	S	S						Medir temperatura en cuerpo de broca/Termografía.	Mensual	Mecánico
													Inspección visual en cuerpo de broca por deformaciones.	Mensual	Mecánico
													Refilar punta de broca/Esmeril de banco	Mensual	Mecánico
													Reapriete de tuerca sujetador de broca	Mensual	Mecánico
1	1	B	S	N	N	S	S						Medir tensión en correas/Tensímetro.	Mensual	Mecánico
													Inspección visual de correa por roturas o desgaste.	Mensual	Mecánico
													Medir paralelismo entre poleas de correa/Alineador láser.	Mensual	Mecánico
													Medir poleas con galgas.	Mensual	Mecánico
1	1	C	S	N	N	S	S						Medir temperatura en cuerpo motor eléctrico/Termografía.	Mensual	Mec./Eléc.
													Medir resistencia de aislación del motor eléctrico/Megaóhmetro.	Anual	Eléctrico
													Medir continuidad de bobinas motor eléctrico/Multímetro.	Anual	Eléctrico
													Medir resistencia de bobinas motor eléctrico/Megaóhmetro.	Anual	Eléctrico
													Limpieza de ventilaciones en carcasa de motor eléctrico.	Mensual	Eléctrico
1	1	D	S	N	N	S	S						Medir temperatura en descansos de eje/Termografía.	Mensual	Mecánico
													Medir vibraciones en descansos de eje excéntrico/Analizador vibraciones.	Mensual	Mecánico
1	1	E	S	N	N	S	S						Inspección visual en cuerpo de barra de transmisión.	Mensual	Mecánico
													Reapriete de perno de bulón de barra de transmisión.	Mensual	Mecánico
1	2	A	S	N	N	S	S						Medir temperatura en descansos/Termografía.	Mensual	Mecánico
													Medir vibraciones en descansos/Analizador vibraciones.	Mensual	Mecánico
													Medir vibraciones en descansos de eje excéntrico/Analizador vibraciones.	Mensual	Mecánico
													Engrasar puntos de lubricación de eje excéntrico.	Mensual	Mecánico
1	2	B	N				S						Medir temperatura en cuerpo motor eléctrico/Termografía.	Mensual	Mec./Eléc.
													Medir temperatura en rodamientos motor eléctrico/Termografía.	Mensual	Mec./Eléc.
													Medir vibraciones en rodamientos motor eléctrico/Analizador Vibraciones.	Mensual	Mec./Eléc.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-2. Hoja de decisión RCM para el sistema insertador.

Hoja de decisión RCM			Sistema										Máquina Insertadora ET 125		
			Sub-sistema										Sistema Insertador		
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas a Falta de			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	Ejecutador
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
2	1	A	S	N	N	N	S						Inspección visual de lengüeta por fisuras/Tintas Penetrantes.	Mensual	Mecánico
													Medir temperatura en lengüeta/Termografía.	Mensual	Mecánico
													Reapriete de pernos del insertador.	Mensual	Mecánico
2	1	B	S	N	N	N	S						Inspección visual de cerdas insertadas en bases de escobillas.	Diario	Operador
													Inspección visual de cerdas en entrada del insertador.	Diario	Operador
2	1	C	S	N	N	N	S						Medir temperatura en descansos de eje excéntrico/Termografía.	Mensual	Mecánico
													Medir vibraciones en descansos de eje excéntrico/Analizador Vibraciones.	Mensual	Mecánico
2	1	D	S	N	N	N	S						Inspección visual en cuerpo de barra de transmisión.	Mensual	Mecánico
													Reapriete de perno de bulón de barra de transmisión.	Mensual	Mecánico
2	2	A	N				S						Comprobar/Ajustar presión de servicio de 6 bar en unidad de mantenimiento.	Diario	Operador
													Inspección visual de líneas de aire por roturas, aplastamientos, acoples sueltos.	Mensual	Mecánico
													Inspección visual de actuadores neumáticos por fugas, extensión vástago.	Mensual	Mecánico
2	2	B	S	N	N	N	S						Medir temperatura en rodamientos de compresor/Termografía.	Mensual	Mecánico
													Inspección visual de conexiones eléctricas por solturas, sulfatación.	Mensual	Eléctrico
													Medir continuidad de bobinas motor eléctrico/Multímetro.	Anual	Eléctrico
													Medir resistencia de bobinas motor eléctrico/Megaóhmetro.	Anual	Eléctrico
													Medir resistencia de aislación de compresor/Megaóhmetro.	Anual	Eléctrico
2	2	C	N				S						Limpieza de depósito separador de agua.	Mensual	Operador
													Inspección visual del depósito separador de agua.	Diario	Operador
2	2	D	S	N	N	N	S						Medir temperatura en descansos de eje/Termografía.	Mensual	Mecánico
													Medir vibraciones en descansos de eje/Analizador Vibraciones.	Mensual	Mecánico

Fuente: Elaboración propia.

3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO

Luego de haber seleccionado el tipo de mantenimiento y las tareas para cada modo de fallo, se realiza una propuesta de un plan de mantenimiento RCM que se visualiza en la Tabla 3-4 y Tabla 3-5. En ellas, se indica el tipo de equipo y algunas características a considerar a la hora del mantenimiento, de tal manera de poder corroborar los parámetros de funcionamiento para la máquina. Algunos de ellos son: el tipo de fibras a insertar, velocidades del insertador, velocidades de los taladros y presión del sistema neumático. También se indica el personal necesario para llevar a cabo las tareas y la supervisión que deben tener, todos pertenecientes a la empresa Wesser S.A.

Las actividades proactivas son las tareas que se determinaron en la hoja de decisión RCM. Las actividades reactivas tienen que ver con mantenimientos reactivos correctivos y restaurativos, indicando su cambio o reparación según el tipo de elemento en falla. La periodicidad y el ejecutador son datos enlazados con la hoja de decisión RCM.

Se propone también un Check List, que evitara problemas en las partidas a causa de desviaciones en el mantenimiento. Se puede apreciar de manera resumida en la Tabla 3-3, y de forma más detallada y completa en el Anexo I; en donde se indican las actividades de mantenimiento, como por ejemplo inspecciones visuales por roturas, verificación de presión del sistema neumático, entre otros. Junto a ellas, existen recuadros en donde se debe marcar si la actividad se realizó e indicar observaciones a tener en cuenta, de tal manera de ejercer una acción inmediata o planificar para una acción futura.

Tabla 3-3. Check List para la máquina insertadora ET 125.

CHECK LIST			
Máquina	Máquina Insertadora ET 125	Responsable	
Sección	Insertadora	Fecha	

N°	Actividad	SI	NO	Observaciones
1	Inspección visual por rotura de lengüeta.			
2	Inspección visual por pernos cortados de insertador.			
3	Inspección visual por rotura de brocas.			
4	Inspección visual por rotura de correa de transmisión.			
5	Inspeccion visual por rotura de correa de taladros.			
Obs. Generales				
Repuestos a requerir				
Firma Responsable				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-4. Plan de mantenimiento para insertador y taladros eléctricos.

Plan de Mantenimiento para Insertador y Taladros Eléctricos																						
Tipo de Equipo		Modos de Fallas																	Ejecución			
		Con Plan												Sin Plan								
Máquina	Insertadora ET 125	Rotura broca	Corte correa trapezoidal de transmisión	Quemadura motor eléctrico	Rotura eje excéntrico	Rotura barra transmisión de insertador	Trabamiento eje excéntrico	Trabamiento motor eléctrico taladros	Rotura lengüeta	Acumulación fibras entrada insertador	Fugas de aire en componentes	Trabamiento compresor	Saturación filtro unidad mantenimiento	Rotura broca	Corte correa trapezoidal de transmisión	Rotura lengüeta	Fugas de aire en componentes	Saturación filtro unidad mantenimiento	Frecuencia Inicial			Ejecutador
Sección	Insertadora																					
Insertador																						
Fibras	Polipropileno 0.15-0.2-0.4mm																					
	Nylon 0.15-0.2-0.4																					
Veloc.insertador	240-250 rpm																					
Taladros																						
Veloc. Taladro	16.000 rpm																					
Sist. Neumático	6 bar (presión de servicio)																					
Personal necesario																						
1 Mecánico																						
1 Eléctrico																						
1 Supervisor de mantenimiento																						
Actividad Proactiva																			Diario	Mensual	Anual	
Medir temperatura en cuerpo de broca/Termografía.		X																		X		Mecánico
Inspección visual en cuerpo de broca por deformaciones.		X																		X		Mecánico
Refilar punta de broca/Esmeril de banco		X																		X		Mecánico
Reapriete de tuerca sujetador de broca		X																		X		Mecánico
Medir tensión en correas/Tensímetro.			X																	X		Mecánico
Inspección visual de correa por roturas o desgaste.			X																	X		Mecánico
Medir paralelismo entre poleas de correa/Alineador láser.			X																	X		Mecánico
Medir poleas con galgas.			X																	X		Mecánico
Medir temperatura en cuerpo motor eléctrico/Termografía.				X																X		Mec./Eléc.
Medir resistencia de aislación del motor eléctrico/Megaóhmetro.				X																	X	Eléctrico
Medir continuidad de bobinas motor eléctrico/Multímetro.				X																	X	Eléctrico
Medir resistencia de bobinas motor eléctrico/Megaóhmetro.				X																	X	Eléctrico
Limpieza de ventilaciones en carcasa de motor eléctrico.				X																X		Eléctrico
Medir temperatura en descansos de eje/Termografía.					X															X		Mecánico
Medir vibraciones en descansos de eje excéntrico/Analizador vibraciones.					X															X		Mecánico
Inspección visual en cuerpo de barra de transmisión.						X														X		Mecánico
Reapriete de perno de bulón de barra de transmisión.						X														X		Mecánico
Medir temperatura en descansos/Termografía.							X													X		Mecánico
Medir vibraciones en descansos/Analizador vibraciones.							X													X		Mecánico
Medir vibraciones en descansos de eje excéntrico/Analizador vibraciones.							X													X		Mecánico
Engrasar puntos de lubricación de eje excéntrico.							X													X		Mecánico
Medir temperatura en cuerpo motor eléctrico/Termografía.								X												X		Mec./Eléc.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-5. Continuación del plan de mantenimiento para insertador y taladros eléctricos.

Plan de Mantenimiento para Insertador y Taladros Eléctricos																						
Tipo de Equipo		Modos de Fallas																	Ejecución			
		Con Plan												Sin Plan								
Máquina	Insertadora ET 125	Rotura broca	Corte correa trapezoidal de transmisión	Quemadura motor eléctrico	Rotura eje excéntrico	Rotura barra transmisión de insertador	Trabamiento eje excéntrico	Trabamiento motor eléctrico taladros	Rotura lengüeta	Acumulación fibras entrada insertador	Fugas de aire en componentes	Trabamiento compresor	Saturación filtro unidad mantenimiento	Rotura broca	Corte correa trapezoidal de transmisión	Rotura lengüeta	Fugas de aire en componentes	Saturación filtro unidad mantenimiento	Frecuencia Inicial			Ejecutador
Sección	Insertadora																					
Insertador																						
Fibras	Polipropileno 0.15-0.2-0.4mm																					
	Nylon 0.15-0.2-0.4																					
Veloc.insertador	240-250 rpm																					
Taladros																						
Veloc. Taladro	16.000 rpm																					
Sist. Neumático	6 bar (presión de servicio)																					
Personal necesario																						
1 Mecánico																						
1 Eléctrico																						
1 Supervisor de mantenimiento																						
Actividad Proactiva																			Diario	Mensual	Anual	
Medir temperatura en rodamientos motor eléctrico/Termografía.								X												X		Mec./Eléc.
Medir vibraciones en rodamientos motor eléctrico/Analizador Vibraciones.								X												X		Mec./Eléc.
Inspección visual de lengüeta por fisuras/Tintas Penetrantes.									X											X		Mecánico
Medir temperatura en lengüeta/Termografía.									X											X		Mecánico
Reapriete de pernos del insertador.									X											X		Mecánico
Inspección visual de cerdas insertadas en bases de escobillas.										X									X			Operador
Inspección visual de cerdas en entrada del insertador.										X									X			Operador
Comprobar/Ajustar presión servicio de 6bar en unidad de mantenimiento.											X								X			Operador
Inspección visual líneas de aire/roturas, aplastamientos, acoples sueltos.											X									X		Mecánico
Inspección visual de actuadores neumáticos por fugas, extensión vástago.											X									X		Mecánico
Medir temperatura en rodamientos de compresor/Termografía.												X								X		Mecánico
Inspección visual de conexiones eléctricas por solturas, sulfatación.												X								X		Eléctrico
Medir continuidad de bobinas motor eléctrico/Multímetro.												X									X	Eléctrico
Medir resistencia de bobinas motor eléctrico/Megaóhmetro.												X									X	Eléctrico
Medir resistencia de aislación de compresor/Megaóhmetro.												X									X	Eléctrico
Limpieza de depósito separador de agua.													X							X		Operador
Inspección visual del depósito separador de agua.													X						X			Operador
Actividad Reactiva																						
Cambio por rotura o desgaste excesivo.		X	X		X	X			X				X									Mec.
Reparación.				X			X	X		X	X	X										Mec.
Mantener Stock de Brocas de 5 (1) y 6 (1) mm.														X								Jefe Mtto.
Mantener stock de correa trapezoidal de transmisión (2).															X							Jefe Mtto.
Mantener stock de lengüeta (1)																X						Jefe Mtto.
Líneas de aire y acoples neumáticos (5)																	X					Jefe Mtto.
Mantener stock de filtro unidad mtto. (1)																		X				Jefe Mtto.

Fuente: Elaboración propia.

3.6. PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

La planificación de actividades consiste en describir detalladamente el proceso de una actividad de mantención, a través de una programación de los recursos necesarios para asegurar una correcta ejecución.

Algunos aspectos que se deben especificar son: los motivos de la actividad, explicar el procedimiento de trabajo a realizar, las herramientas y equipos necesarios, el tiempo de duración, la periodicidad, el personal requerido y las medidas de seguridad a considerar para evitar accidentes y pérdidas.

A continuación, se detallan algunos de los ítems necesarios para describir la planificación de la mantención del insertador de lazos. Para mayor información, en el Anexo F se encuentra la planificación con mayor detalle, como también es posible apreciar la planificación para la mantención del insertador de áncoras.

Planificación Mantención insertador de lazos

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?

1.1 Cambio de insertador de lazos.
1.2 Cambio de punzón.
1.3 Ajustes del punzón.
1.4 Refilar punzón.
1.5 Comprobar corredera.
1.6 Cambio de lengüeta
1.7 Puesta en marcha.
1.8 Entrega a producción.

2. ¿Por qué se debe realizar?

2.1 Mantención preventiva.
2.2 Mantención reactiva correctiva.
2.3 Mantención reactiva restaurativa.
2.4 Cambio de insertador según tipo de escobillas a fabricar.

3. ¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

3.1 Cambio de insertador.

3.2 Cambio de cuchilla plana.

3.3 Cambio de cuchilla cuadrangular.

3.4 Refilado del punzón.

3.5 Cambio de lengüeta.

4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?

4.1 Bloqueo de interruptor principal con candado lock-out y tarjeta de identificación del personal a participar.

4.2 Bloqueo de suministro de aire comprimido con candado lock-out y tarjeta de identificación del personal a participar.

<u>Cambio de insertador de lazos (ver Figura 3-1)</u>

4.3 Apartar alambre de lazos del insertador.

4.4 Alejar el arco circular del insertador (girar levemente el eje principal).

4.5 Soltar tornillo de apriete de tapa cubre cárter (1).

4.6 Retirar tapa cubre cárter (1).

4.7 Retirar barra de transmisión del bulón de arrastre (2) de la corredera del insertador (3).

4.8 Retirar corredera (3) en conjunto con lengüeta del cajetín.

4.9 Retirar cárter (5) del insertador, soltando tornillo 4.

4.10 Instalar nueva corredera según el alambre a utilizar (áncora o de lazos).

4.11 Instalar cárter en la corredera

4.12 Instalar barra de transmisión del bulón de arrastre de la corredera.

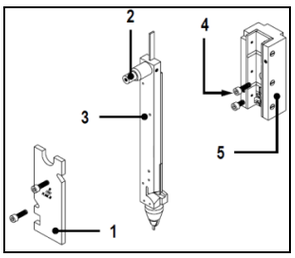
4.13 Instalar tapa cubre cárter.

4.14 Fijar tornillos de tapa cubre cárter.

4.15 Instalar insertador nuevo en la máquina.

4.16 Prueba del insertador, girando manualmente el eje principal.

4.17 Limpieza de zona de trabajo.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 3-1. Despiece para actividad cambio de insertador.

Cambio del punzón (ver Figura 3-2)

4.18 Desmontar corredera del insertador (ver 4.8).

4.19 Desmontar cárter del insertador (ver 4.9).

4.20 Girar el punzón 1 90° alrededor de su eje y retirar del ángulo de enganche (2).

4.21 Retirar el punzón (1) del cárter del insertador.

4.22 Montar el nuevo punzón en el ángulo de enganche.

4.23 Girar el punzón en 90° alrededor de su eje.

Ajuste del punzón (ver Figura 3-2)

4.24 Soltar el tornillo (3) que aprieta al ángulo de enganche (2) y desplazarlo junto con el punzón lo máximo hacia la derecha.

4.25 Girar manualmente el eje principal, en sentido horario, hasta que el punzón llegue a su posición más avanzada dentro del insertador.

4.26 Desplazar el empujador hacia la izquierda hasta que quede a ras del cárter del insertador.

4.27 Montar tornillo del ángulo de enganche.

4.28 Montar la corredera.

4.29 Montar tapa del cárter del insertador.

4.30 Fijar la lengüeta en la corredera y la barra de transmisión en el bulón de arrastre de la corredera.

4.31 Girar manualmente el eje principal hasta el grado donde se pueda introducir el alambre.

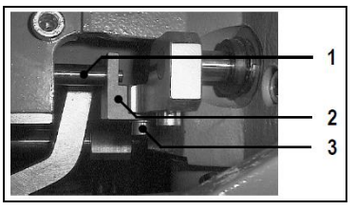
4.32 Introducir el alambre en el insertador y girar manualmente el eje principal hasta alcanzar el grado donde el empujador está más avanzada hacia la izquierda.

4.33 Confirmar que la corredera se encuentra en su posición superior y en el interior se ha formado la “U” de alambre.

4.34 Soltar el tornillo del ángulo de enganche y empujar el punzón ligeramente contra el alambre en forma de U.

4.35 Apretar el tornillo del ángulo de enganche.

4.36 Girar manualmente el eje principal varias veces para comprobar el correcto funcionamiento.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 3-2. Cambio de punzón.

<u>Refilado del punzón (ver Figura 3-3)</u>

4.37 Desmontar corredera del insertador (ver 4.8).

4.38 Desmontar cárter del insertador (ver 4.9).

4.39 Girar el punzón 1 90° alrededor de su eje y retirar del ángulo de enganche (2).

4.40 Retirar el punzón (1) del cárter del insertador.

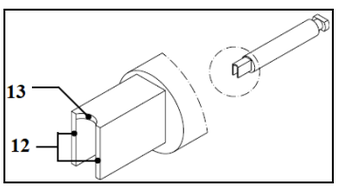
4.41 Refilar superficie plana (12) del punzón como máximo 1 mm.

4.42 Refilar superficie semiredonda (13) del punzón como máximo 1 mm.

4.43 Montar el nuevo punzón en el ángulo de enganche.

4.44 Girar el punzón en 90° alrededor de su eje.

4.45 Ajustar el punzón (ver 4.24 – 4.36).



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 3-3. Refilado del punzón de lazos.

Cambio de lengüeta (ver Figura 3-4)

4.46 Girar manualmente el eje principal en sentido horario hasta el punto muerto superior de la lengüeta.

4.47 Soltar tornillo (1) de la lengüeta.

4.48 Desmontar tapa del cárter del insertador.

4.49 Retirar corredera del insertador (ver 4.8).

4.50 Retirar lengüeta (2) de la corredera del insertador.

4.51 Montar nueva lengüeta en la corredera del insertador.

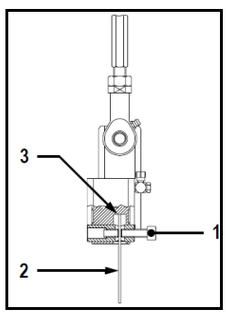
4.52 Montar tapa del cárter del insertador.

4.53 montar tornillo de la lengüeta.

4.54 Girar manualmente el eje principal en sentido horario hasta el punto muerto inferior de la lengüeta.

4.55 Soltar tornillo de la lengüeta y presionar la lengüeta desde la zona sobresaliente por las mandíbulas hacia arriba.

4.56 Apretar tornillo de la lengüeta.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 3-4. Cambio de lengüeta.

Puesta en marcha (ver Figura 3-5)

4.57 Realizar la comprobación de accionamiento (ver Anexo F, Mantención insertador de lazos, 4.94 – 4.107).

4.58 Activar entrada 8 de CNC control.

4.59 Activar entrada 5 para ir a punto cero.

4.60 Activar entrada 6 para activar los taladros.

4.61 Activar entrada 7 para ir al primer agujero.

4.62 Colocar base de escobilla de zapato en mordazas que están debajo de los taladros, en extrema derecho, y activar entrada 9.

4.63 Activar interruptor 3 de marcha continua a conectada.

4.64 Activar pulsador 4 de arranque de la máquina.

4.65 La máquina debe taladrar la escobilla.

4.66 La máquina debe detenerse una vez taladrada la escobilla.

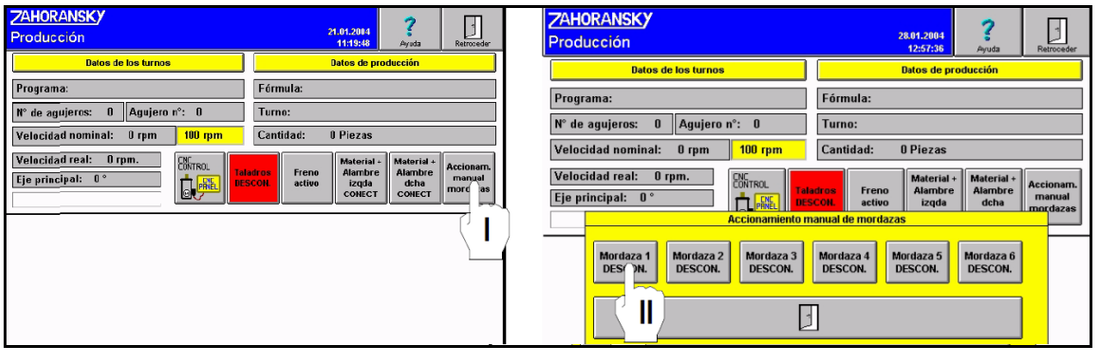
4.67 Situar interruptor 3 de marcha continua en desconectada.

4.68 Pisar el pedal de la máquina situado en el piso, e introducir una nueva base de escobilla de zapato.

4.69 Soltar el pedal.

4.70 Activar el pulsador 4 de arranque de la máquina.

4.71 La mesa insertadora se desplazará horizontalmente y situará al insertador sobre la escobilla nueva, en el primer agujero, para realizar el insertado.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura 3-5. Pantalla del CNC para la puesta en marcha.

<u>Entrega a producción</u>

4.72 Retirar bloqueo lock-out y tarjeta de identificación de interruptor principal.

4.73 Retirar bloqueo lock-out y tarjeta de identificación de suministro de aire comprimido.

5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?

5.1 Bloqueo de interruptor principal.

5.2 Bloqueo de suministro de aire comprimido.

5.3 Apartar alambre.

5.4 Alejar arco circular.

5.5 Retirar cárter.

5.6 Retirar corredera.

5.7 Cambio de insertador.

5.8 Cambio de cuchilla plana.

5.9 Cambio de cuchilla cuadrangular.

5.10 Cambio de punzón.

5.11 Refilado del punzón.

5.12 Instalar cárter.

5.13 Instalar insertador nuevo en máquina.

5.14 Pruebas de accionamiento.

5.15 Puesta en marcha.

5.16 Retiro de bloqueos lock-out y tarjetas de identificación.

5.17 Limpieza de zona de trabajo.

6. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

6.1 Verificar repuestos en bodega.

6.2 Retirar repuestos de bodega.

6.3 Preparación de herramientas e insumos de trabajo.

6.4 Confirmar disponibilidad de mecánicos.

6.5 Coordinar con Jefe de Producción la detención de la máquina.

7. ¿Qué repuestos se necesitan?

- Lengüeta 1(c/u)
- Cuchilla plana 1(c/u)
- Cuchilla cuadrangular 1(c/u)
- Punzón de lazos 1(c/u)

8. ¿Qué herramientas se necesitan?

- Llaves Punta Corona métricas: 6, 7, 10 2 (c/u)
- Dados 3/4 Allen métricas: 6, 8 2 (c/u)
- Pistola neumática 1 (c/u)
- Destornillador de paleta chico 2 (c/u)
- Aceitera 1 (c/u)
- Paños de limpieza 5 (c/u)

9. ¿Quién o quiénes realizarán el trabajo?

9.1 1 Mecánico y 1 Eléctrico.

10. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

10.1 Tiempo Disponible:

- Inicio : 9:00 hr.
- Término : 13:30 hr.
- Frecuencia : Mensual.
- Horas : 4 hr. 30 min.
- Turnos : 1/2 Turno, Diurno.

11. ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

11.1 Personal Interno: 1 Mecánico, 1 Eléctrico, 1 Supervisor, 1 Prevencionista de Riesgo, 1 Coordinador.

3.7. EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA

La evaluación técnica y económica consiste en contrastar los costos asociados del actual mantenimiento correctivo reactivo frente a los costos involucrados en la propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

3.7.1. Costos de producción

Los costos de producción son proporcionados por el Gerente de Planta, indicando los precios de venta desde la empresa Wesser S.A. hacia el comercio.

En la siguiente Tabla 3-6, se indican las ganancias de cada escobilla por unidades producidas diariamente y anualmente, en un turno de 9 horas, actualizados al año 2018 y detallados en pesos chilenos (CLP) con I.V.A. incluido.

Tabla 3-6. Costos de producción diario y anual para escobillas fabricadas por Insertadora ET 125.

2018			
Escobillas	Unid. Diario (9 hr.)	Precio Venta (CLP)	Costo Total Diario (CLP)
Zapato	800	$649	$519.200
Cilíndrica Grande	300	$3.403	$1.020.900
Cilíndrica Chica	400	$2.121	$848.400
Costo Producción Diario 2018			$2.388.500
Costos Producción Anual 2018			$573.240.000

Fuente: Gerente de Planta, Wesser S.A.

3.7.2. Costos del actual mantenimiento correctivo

Los costos del actual mantenimiento correctivo se obtienen de información facilitada por el Gerente de Planta, indicando los costos anuales de repuestos, costos fijos de mano de obra y costos por no producción, en pesos chilenos (CLP) con I.V.A. incluido.

Los costos de no producción corresponden a los días detenida la máquina por presentar una falla funcional. La información fue obtenida por bitácoras y por operadores, en donde fue necesario aproximar el tiempo de reparación de cada falla funcional, debido a no existir registros, resultando un promedio de tres días.

En la Tabla 3-7, se aprecian los costos asociados al mantenimiento correctivo correspondientes al año 2017, desglosando los costos de repuestos; que no están asociados a una falla, si no a la compra de repuestos anualmente, costos de mano de obra; el personal que generalmente interviene la máquina, y los costos de no producción; las ganancias que deja de percibir la producción debido a una falla funcional.

Tabla 3-7. Costos de intervención del mantenimiento correctivo para la máquina insertadora ET 125, correspondiente al año 2017.

Año 2017			
Costos Variables	Cantidad (1 c/u)	Costo Unid. (CLP)	Costo Total Anual (CLP)
Lengüeta de áncora WAZ	70	$6.958	$487.059
Freza KZA	2	$205.109	$410.218
Rueda dentada	1	$144.273	$144.273
Rueda dentada	1	$70.247	$70.247
Rodillo de enganche	1	$57.576	$57.576
Correa dentada de transmisión	1	$34.975	$34.975
Rodamiento radial	2	$3.253	$6.506
Broca Rubber-flex J 423 2.00-5.00mm	10	$38.828	$388.284
Broca Rubber-flex J 420 4.50-6.00mm	5	$38.828	$194.142
Contracuchilla 30mm ancho, 0.2mm espesor	2	$121.895	$243.789
Costo Total Repuestos			$2.037.068
Costos Fijos	Cantidad (1 c/u)	Costo Mensual (CLP)	Costo Total Anual (CLP)
Mecánico	1	$600.000	$7.200.000
Eléctrico	1	$500.000	$6.000.000
Supervisor de Mantenimiento	1	$1.000.000	$12.000.000
Costo Total Fijo			$25.200.000
Costos No Producción	Tiempo de Reparación (días)	Costo Producción Turno (9 hr.)	Costo Total Anual (CLP)
10 Fallas Críticas Anuales	3	$2.388.500	$71.655.000
Costo Total Mantenimiento Correctivo			$98.892.068

Fuente: Gerente de Planta, Wesser S.A.

3.7.3. Costos del RCM

Los costos anuales de la propuesta sobre un mantenimiento basado en la confiabilidad incluyen los siguientes costos: costos de repuestos; mencionados en el plan de mantenimiento, costos fijos; compuesto por un mecánico, un eléctrico y un supervisor del mantenimiento, todos pertenecientes a la empresa Wesser S.A., realizando el mantenimiento en horario extraordinario para no generar costos por no producción, y por último los costos de inversión; lo que incluye herramientas, instrumentos de diagnóstico y capacitaciones para poder realizar cada una de las tareas de mantenimiento, las cuales se detallan más adelante (ver Tabla 3-9).

Los costos de horas extraordinarias del personal necesario fueron calculados multiplicando el sueldo de cada uno de ellos por un factor de 0,0077777 (información obtenida de Dirección del Trabajo) para el caso de tener una jornada de 45 horas semanales. Los sueldos del personal se detallan en la Tabla 3-7, y corresponden a los costos fijos.

A continuación, en la Tabla 3-8 se encuentra el detalle de los costos para el RCM.

Tabla 3-8. Costos necesarios del RCM para la máquina insertadora ET 125.

Repuestos	Cantidad (1 c/u)	Costo Unid. (CLP)	Marca	Costo Total Anual (CLP)
Lengüeta	2	$4.668,30	Zahoransky	$9.337
Cuchilla Plana	1	$98.034,30	Zahoransky	$98.034
Broca 5mm	2	$38.828,40	Zahoransky	$77.657
Broca 6mm	2	$38.828,40	Zahoransky	$77.657
Cuchilla cuadrangular	1	$98.034,30	Zahoransky	$98.034
Punzón	1	$98.034,30	Zahoransky	$98.034
Correa transmisión	2	$34.975,20	Zahoransky	$69.950
Costo Total Repuestos				$528.704
Costos Fijos	Cantidad Anual (días)	Costo por Día (CLP)		Costo Total Anual (CLP)
Mecánico Interno (hora extraordinaria)	14	$42.000		$588.000
Eléctrico Interno (hora extraordinaria)	14	$35.000		$490.000
Supervisor Mantenimiento Interno (hora extraordinaria)	14	$70.000		$980.000
Costo Total Fijo				$2.058.000
Costo Total Inversión RCM				$9.744.368
Costo Total RCM				$12.331.072

Fuente: Gerente de Planta, Wesser S.A.

3.7.3.1. Costos de inversión para el RCM

Los costos de herramientas, instrumentos de diagnóstico y capacitaciones son considerados como una inversión para el departamento de mantenimiento, pudiendo ser financiado en un corto, mediano o largo plazo, según estime la empresa.

Las capacitaciones consideradas fueron para el manejo de equipo termográfico y equipo analizador de vibraciones, considerando a un personal compuesto por el supervisor del mantenimiento y un mecánico, ambos trabajadores internos de la empresa.

También, es posible el arriendo de algunos instrumentos de medición, lo cual reduciría los costos para poner en marcha el plan de mantenimiento. Para aquello, es necesario determinar cuáles son aquellos instrumentos más necesarios para la convivencia a diario y cuales tendrán un uso más esporádico o con menos frecuencia. En el Anexo H, se puede observar el costo de arrendar un alienador de polea, debido a un uso no diario, si no de uso mensual y de manera preventiva. En la cotización se indican los costos diarios en UF, la cual varía según los días de arriendo requeridos.

En la Tabla 3-9 se indican todos los costos de inversión para el RCM.

Tabla 3-9. Herramientas, instrumentos de diagnóstico y capacitaciones para el departamento de mantenimiento.

Herramientas	Cantidad (1 c/u)	Costo Unid. (CLP)	Marca	Costo Total Anual (CLP)
Llaves punta corona: 6mm	1	$834	Sata	$834
Llaves punta corona 7mm	1	$821	Sata	$821
Llaves punta corana 10mm	1	$858	Sata	$858
Chicharra 1/2	1	$46.872	Sata	$46.872
Dado Allen 3/4: 6mm	1	$976	Sata	$976
Dado Allen 3/4: 8mm	1	$968	Sata	$968
Pistola sopleteadora	1	$11.990	Toolcraft	$11.990
Destornillador de paleta 3/8	1	$6.280	Stanley	$6.280
Aceitera	1	$6.369	Pressol	$6.369
Alineador de poleas	1	$1.207.000	Fixturlaser PAT II	$1.207.000
Cámara Termográfica	1	$1.499.400	FLIR E5	$1.499.400
Analizador de vibraciones	1	$4.350.000	MA-2070C	$4.350.000
Megaóhmetro/Multímetro	1	$699.990	Fluke 1587 FC	$699.990
Tintas Penetrantes	1	$32.011	CRC Crick120	$32.011
Costos Total Herramientas				$7.864.368
Capacitaciones	Cantidad Personal	Costo Curso (CLP)		Costo Total (CLP)
Termografía	2	$380.000		$760.000
Análisis de Vibraciones	2	$560.000		$1.120.000
Costo Total Capacitaciones				$1.880.000
Costo Total Herramientas/Capacitación				$9.744.368

Fuente: Elaboración propia.

Los instrumentos seleccionados son necesarios para poder llevar a cabo cada una de las actividades descritas en el plan de mantenimiento (ver Tabla 3-3), y poder de esta manera monitorear parámetros que permitan anticiparse a futuras fallas.

A continuación, se mencionan las herramientas e instrumentos seleccionados, destacando sus principales funciones y características. Para mayor detalle, en el Anexo G se puede ver la ficha técnica de cada instrumento de diagnóstico.

- Llaves punta y corona: Herramienta manual para apretar o soltar tuercas, la que consta de una combinación de llave de boca en un extremo, y una llave de corona en el otro extremo, utilizando una de ella según la posición y torque a ejercer.
- Llave de Chicharra: Herramienta manual que posee un mecanismo de trinquete que permite variar el sentido en el cual se puede ejercer una fuerza para apretar o soltar de manera rápida tuercas o tornillos. Permite adaptar un dado para cada medida de tuerca, ya sea para tuercas con cabeza hexagonal en su exterior o interior.
- Dado Allen: Pieza de acero la cual se puede incorporar a una llave de chicharra, permitiendo apretar o soltar tuercas o tornillos con cabeza hexagonal en su interior.
- Pistola sopladora de aire: Utilizada para la limpieza rápida de polvo, virutas, secado de herramientas, piezas y zonas de trabajo, mediante la expulsión de aire a presión.
- Destornillador: Se utiliza para apretar o soltar tornillos que requieren poca fuerza, los cuales pueden ser de cabeza: plana, puntiaguda, redondeada, fresada, Phillips, Allen o Torx.
- Aceitera: Recipiente que sirve para contener aceite que se utiliza para la lubricación de piezas pertenecientes a los distintos mecanismos de una máquina.
- Alineador de polea: Facilita el alineamiento de poleas de correas en V. Se instala en las ranuras de la polea, quedando fijo gracias a unos imanes. El alineador de polea seleccionado SKF – TKBA 40, contiene una unidad emisora de láser y una unidad receptora que permiten detectar posibles desalineamientos. La distancia de medición es entre 50 mm y 6000 mm. (ver Anexo G, Tabla G-1).
- Cámara termográfica: Permite medir la temperatura de una pieza o equipo y visualizarlo a través de una pantalla. Con ello, se logra detectar puntos calientes que pueden desencadenar fallas funcionales, logrando anticiparse a ellas. La cámara seleccionada FLIR E5, es de fácil manejo y captura imágenes en

formato JPEG, con una resolución de 120x90 pixeles. (ver Anexo G, Tabla G-2).

- Megaóhmetro/Multímetro: El equipo seleccionado, incorpora un Megaóhmetro; para la realización de pruebas de aislamiento en motores eléctricos, y un Multímetro; para la medición de tensiones y resistencias eléctricas. Las tensiones de pruebas de aislamiento pueden ser de 50V hasta 1000V, y de 0,01 MΩ hasta 2 GΩ. (ver Anexo G, Tabla G-3).
- Tintas Penetrantes (Kit): Ensayo no destructivo para la detección de discontinuidades en las superficies de materiales. El Kit de tintas penetrantes seleccionado de marca CRC y modelo CRICK 120, es soluble al agua, e incorpora un líquido penetrante, un limpiador para líquido penetrante y un líquido revelador (ver Anexo G, Tabla G-4).
- Analizador de vibraciones: El equipo seleccionado es el MA-2070C, el cual permite realizar mediciones de amplitud de vibración y análisis grafico de espectros (FTT), como también el poder almacenar la información para su posterior análisis. Posee dos canales para la medición de balanceo (ver Anexo G, Tabla G-5).

3.7.4. Contraste de costos

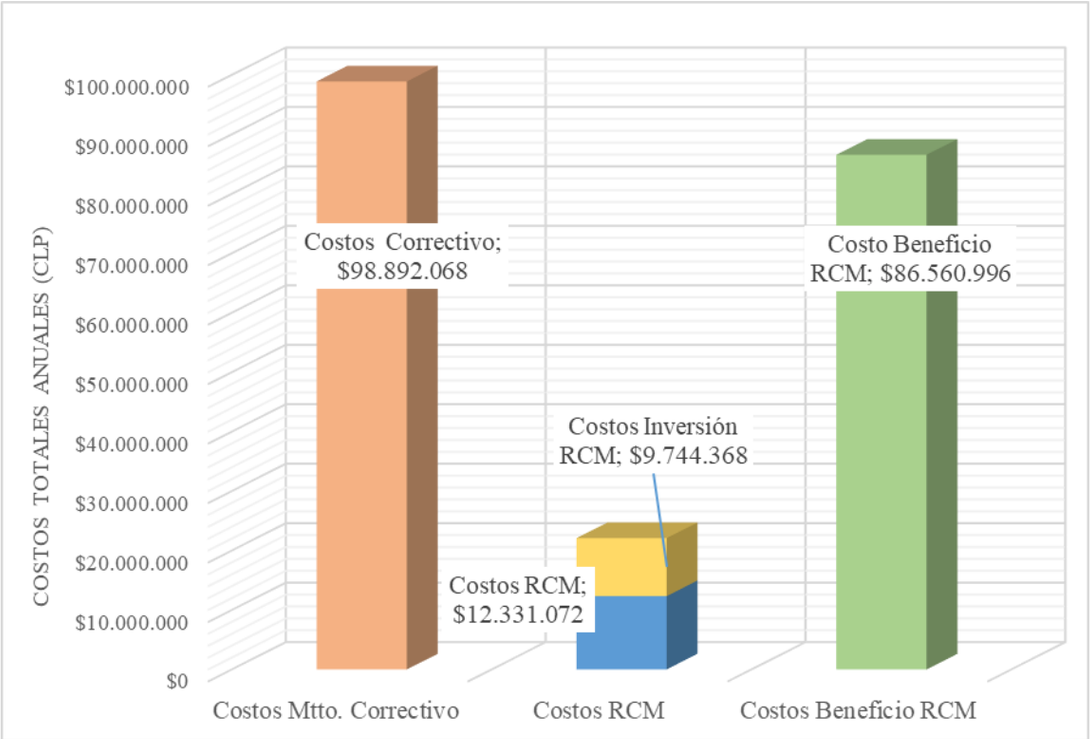
El contraste entre los costos del mantenimiento correctivo y el RCM se realiza considerando los costos totales anuales de cada uno de ellos.

El mantenimiento correctivo tiene sus mayores costos asociados a la cantidad de fallas anuales y al tiempo de reparación de cada una ellas, lo que repercute en la indisponibilidad de la máquina y por consecuencia en la producción; representando un 72% de los costos totales del mantenimiento correctivo.

Los mayores costos asociados al RCM involucran principalmente los costos de inversión, que conlleva la adquisición de herramientas, equipos de diagnóstico y capacitaciones al personal de la empresa, con los cuales no cuenta la empresa, representando el 79% de los costos totales de inversión RCM.

Finalmente, en el siguiente Gráfico 3-1, se contrastan los costos del mantenimiento correctivo, los costos del RCM; que involucra los costos de inversión, y los costos a beneficios de implementar un RCM.

Gráfico 3-1. Contraste entre costos del mantenimiento correctivo, RCM y sus costos de beneficio.



Fuente: Elaboración propia.

Del Gráfico 3-1, se puede deducir que la propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad significa una disminución de un 88% en los costos anuales de mantenimiento, significando un ahorro de $86.560.996 CLP anuales, sin considerar los beneficios de lograr una mayor disponibilidad de la máquina por una disminución de fallas anuales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El RCM es una metodología la cual nos permite a través herramientas lograr comprender la criticidad de cada equipo o máquina dentro de la planta, y por medio de ello, determinar actividades de mantenimiento que garanticen el cumplimiento de las funciones por las cuales fueron adquiridos.

Para alcanzar un correcto plan de mantenimiento, fue necesario conformar un grupo de trabajo que involucre a todo el personal que tiene alguna participación con el proceso productivo. El personal con el cual se trabajó fue: Sub Gerente de Mantenimiento, Jefe de Mantenimiento, Jefe de Producción, Supervisores de Producción, Mecánicos, Eléctricos y Operadores. A través de entrevistas informales, se recaudó información que fue de gran importancia para entender el proceso productivo, las fallas más recurrentes tanto para los técnicos como para los operadores, los costos sufridos frente a puntuales fallas críticas, el presupuesto otorgado al departamento de mantenimiento, los tipos de bonos sujetos según la producción, las herramientas de diagnóstico que presenta el personal de mantenimiento, entre otras. Dicha información fue valiosa y necesaria para seleccionar los criterios de evaluación, y poder jerarquizar las máquinas según su criticidad, escogiendo aquella más crítica.

Algunas de las herramientas utilizadas del RCM fueron: el análisis SIPOC; que permitió identificar los límites de la máquina, esquematizando los proveedores, las entradas, el proceso, el producto obtenido y sus clientes, el FMECA; que fue de gran ayuda para identificar las funciones de la máquina, los tipos de fallas que puede exhibir y de qué manera se presentan, indicando sus consecuencias hacia el personal o hacia la producción. Con el desarrollo de ambas herramientas, es posible generar un plan de mantenimiento con actividades que eviten o mitiguen los efectos de fallas funcionales y posibles paradas en una línea o área de producción.

El FMECA revela modos de fallas que se deben principalmente a un bajo mantenimiento, siendo algunos de sus orígenes unos escases de revisión diaria de la máquina; en donde se podría anticipar una rotura de correa a través de una inspección visual, y unos escases de revisión mensual; anticipando roturas de rodamientos, de lengüetas o de brocas, a través de técnicas predictivas.

A través de un análisis técnico – económico, se comparan los costos del actual plan de mantenimiento frente a la propuesta de un RCM, obteniendo un costo a beneficio del RCM del orden de $86.560.996 CLP, lo que representa porcentualmente un 88% en la disminución de los costos anuales del mantenimiento.

Los costos del RCM involucra el tener que realizar una inversión en herramientas, instrumentos de diagnóstico y capacitaciones, del orden de $9.744.368 CLP, lo que representa un 79% del total de los costos del RCM.

La propuesta de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, basándose en los costos, es totalmente factible, conllevando beneficios económicos tanto para el mantenimiento como para la producción.

El plan de mantenimiento propuesto debe ser considerado como una base para la empresa Wesser S.A., en donde se recomienda la incorporación de políticas que faciliten el desarrollo e implementación del RCM, generando instancias para la conformación de grupos de trabajo de los distintos departamentos, acordando frecuencias de mantenimientos, mejoras frente a nuevas fallas, e impulsar el seguimiento y control a través de la selección de indicadores claves.

El aprendizaje obtenido del presente trabajo de título profundiza los conocimientos sobre el RCM y permite contar con nuevas herramientas de planificación, gestión y control del mantenimiento.

La aplicación de la metodología del RCM a la empresa Wesser S.A., entrega la opción de poder implementarse a las demás máquinas presentes en la planta, logrando aumentar la disponibilidad y confiabilidad de ellas.

BIBLIOGRAFÍA

- MOUBRAY, John M. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2a ed. Florida: North Carolina, 28803, USA, 2004. ISBN 09539603-2-3.

- SAE. JA1011. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. París, Francia. 1999. 12p.

- SAE. JA1012. Una guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). París, Francia. 2002. 62p.

- BALDI G., Carlos. Ciclo de Gestión de Mantenimiento [diapositiva]. Viña del mar, Chile: Departamento de Mecánica, Curso Gestión del Mantenimiento. 2016. 118 diapositivas, col.

- ARÁNGUIZ G., Andrés. Gestión del Mantenimiento [diapositiva]. Viña del Mar, Chile: Departamento de Mecánica, Curso Gestión del Mantenimiento. 2017. 86 diapositivas, col.

- Manual: Información del producto, Máquina ET 125. Autor: Zahoransky AG Anton-Zahoransky-Strasse 1. 79674 Todtnau-Geschwend, Alemania. Teléfono: 07671-997-0. Telefax: 07671-997-299.

ANEXOS

ANEXO A: FICHA TÉCNICA MÁQUINA INSERTADORA ET 125

Tabla A-1. Ficha técnica insertadora ET125.

Empresa	ZAHORANSKY AG
Modelo	ET 125
Año fabricación	2004
Consumos	380 V / 50 Hz / 5,78 kW / 9,63 A
Presión de aire	5,5 - 7,0 bares (80-120 psi)
Giro de la maquina	Sentido horario
Modos de trabajo	Marcha continua
	Marcha manual con desplazamiento
	Marcha manual sin desplazamiento
	ET sin fin
Conexión	Comunicación Bus CAN

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B: NORMA SAE J1739, CRITERIOS PARA NPR

Tabla B-1. Criterios sugeridos para la evaluación de la ocurrencia.

Probabilidad de Ocurrencia de la falla	Posible tasa de falla	Ranking
Muy alta: La falla es casi inevitable	≥ 1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, que presentan fallas con frecuencia	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderada: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, que experimentan fallas ocasionales, pero no en mayores proporciones	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2.000	4
Baja: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15.000	3
Muy baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 150.000	2
Remota: La falla es poco probable. No se repiten las fallas de procesos casi idénticos	≤ 1 en 1.500.000	1

Fuente: Norma SAE J1739.

Tabla B-2. Criterios para la evaluación de la detección.

Detección	Probabilidad de que los controles puedan detectar el modo de falla	Ranking
Casi imposible	No existen controles disponibles	10
Muy remota	Muy remota probabilidad	9
Remota	Remota probabilidad	8
Muy baja	Muy baja probabilidad	7
Baja	Baja probabilidad	6
Moderada	Moderada probabilidad	5
Moderada Alta	Moderadamente alta	4
Alta	Alta probabilidad	3
Muy Alta	Muy alta probabilidad	2
Casi Cierta	Casi certera. Detección confiable	1

Fuente: Norma SAE J1739.

Tabla B-3. Criterios sugeridos para la evaluación de la severidad.

Efecto	Criterio: Severidad del efecto	Ranking
Peligros sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del operador. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla detecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiendo de regulaciones gubernamentales. La falla no se advierte al ocurrir.	10
Peligros con advertencia	Pone en peligro la seguridad del operador. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla detecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiendo de regulaciones gubernamentales. La falta se advierte al ocurrir.	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las perdidas pueden alcanzar al 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de la función primaria. Cliente muy insatisfecho.	8
Alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las perdidas pueden alcanzar al 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de la función primaria. Cliente insatisfecho.	7
Moderado	Perturbación menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%) puede tener que ser desechada (no ordenada). Equipo operable, pero con algunos ítems de confort inoperable. El cliente experimenta insatisfacción.	6
Bajo	Perturbación menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%) puede tener que ser desechada (no ordenada). Equipo operable, pero con algunos ítems de confort inoperable. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	5
Muy bajo	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción (menor al 100%) adaptado. Ajustes y terminaciones y sonido en el ítem no estan en conformidad. Detecto notado por la mayoría de los clientes.	4
Menor	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción (menor al 100%) adaptado. Ajustes y terminaciones y sonido en el ítem no estan en conformidad. Detecto notado por el promedio de los clientes.	3
Muy menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se representan desajustes y pequeñas vibraciones en el ítem que no estan en conformidad. Detecto notado por la minoría de los clientes.	2
Ninguno	Sin efectos.	1

Fuente: Norma SAE J1739.

ANEXO C: PRODUCCIÓN DE ESCOBILLAS POR TURNOS PARA LA MÁQUINA INSERTADORA ET 125

Tabla C-1. Producción de escobillas por turno.

Tipos de Escobillas	Unidades por turno	Turnos (9horas.)
Cilíndrica Grande	300	1
Cilíndrica Chica	400	1
Zapato	800	1

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D: ESPECIFICACIONES PARA REALIZAR ESCOBILLAS EN MÁQUINA INSERTADORA ET 125

Tabla D-1. Especificaciones para realizar escobillas de zapatos.

Escobilla de Zapato	
Fibra	Polipropileno de 0,15 mm
Alambre	Áncora de 0,4 ancho x 4,99 largo mm
Taladro	broca de 4 mm
Profundidad	6 mm
Agujeros base	79
Agujeros mango	16
Velocidad insertado	240 - 250 rpm

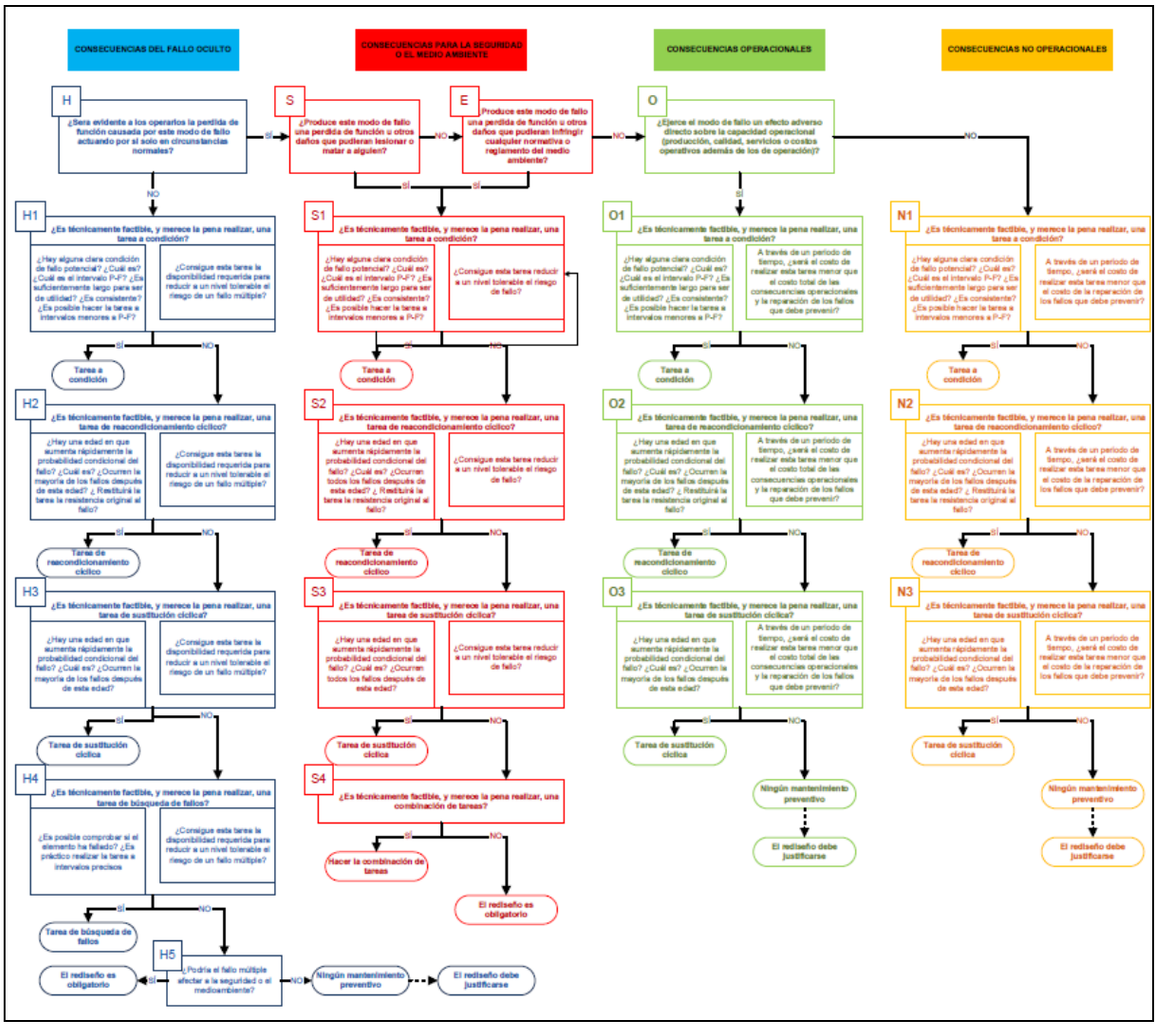
Fuente: Elaboración propia.

Tabla D-2. Especificaciones para realizar escobillas cilíndricas.

Escobillas Cilíndricas	
Fibra	Polipropileno de 0,15 - 0,20 - 0,40 mm
	Nylon 0,15 - 0,20 - 0,40 mm
Alambre	Lazos de 0,8 diámetro x 18 largo mm
Taladro	broca de 5 mm
Profundidad	6,5 - 7,0 mm
Agujeros grandes	240
Agujeros chicas	112
Velocidad insertado	260 - 280 rpm

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO E: DIAGRAMA DE DECISIÓN RCM



Fuente: Libro digital Jhon Moubray, 2004.

Figura E-1. Diagrama de desición RCM.

ANEXO F: PLANIFICACIÓN MANTENCIÓN INSERTADOR

<u>Planificación mantención insertador de lazos</u>

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?

1.1 Cambio de insertador de lazos.

1.2 Cambio de cuchilla plana de insertador de lazos.

1.3 Cambio de cuchilla cuadrangular de insertador de lazos.

1.4 Ajuste de cuchillas plana y cuadrangular de insertador de lazos.

1.5 Cambio de punzón de insertador de lazos.

1.6 Ajustes del punzón de insertador de lazos.

1.7 Refilar punzón de insertador de lazos.

1.8 Comprobar movimiento del punzón de insertador de lazos.

1.9 Comprobar corredera de insertador de lazos.

1.10 Cambio de lengüeta de insertador de lazos.

1.11 Cambio de lengüeta

1.12 Ajuste de profundidad de lengüeta

1.13 Comprobar accionamientos.

1.14 Puesta en marcha.

1.15 Ajuste posición cero del encoder.

1.16 Entrega a producción.

2. ¿Por qué se debe realizar?

2.1 Mantención preventiva.

2.2 Mantención reactiva correctiva.

2.3 Mantención reactiva restaurativa.

2.4 Cambio de insertador según tipo de escobillas a fabricar.

3. ¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

3.1 Cambio de insertador.

3.2 Cambio de cuchilla plana.

3.3 Cambio de cuchilla cuadrangular.

3.4 Refilado del punzón.

3.5 Cambio de lengüeta.

4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?

4.1 Bloqueo de interruptor principal con candado lock-out y tarjeta de identificación del personal a participar.

4.2 Bloqueo de suministro de aire comprimido con candado lock-out y tarjeta de identificación del personal a participar.

<u>Cambio de insertador de lazos</u>

4.3 Apartar alambre de lazos del insertador.

4.4 Alejar el arco circular del insertador (girar levemente el eje principal).

4.5 Soltar tornillo de apriete de tapa cubre cárter (1).

4.6 Retirar tapa cubre cárter (1).

4.7 Retirar barra de transmisión del bulón de arrastre (2) de la corredera del insertador (3).

4.8 Retirar corredera (3) en conjunto con lengüeta del cajetín.

4.9 Retirar cárter (5) del insertador, soltando tornillo 4.

4.10 Instalar nueva corredera según el alambre a utilizar (áncora o de lazos).

4.11 Instalar cárter en la corredera

4.12 Instalar barra de transmisión del bulón de arrastre de la corredera.

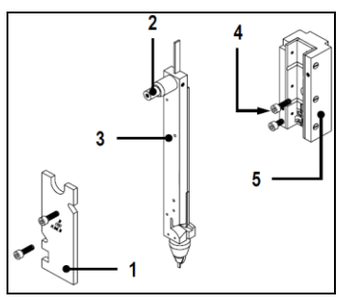
4.13 Instalar tapa cubre cárter.

4.14 Fijar tornillos de tapa cubre cárter.

4.15 Instalar insertador nuevo en la máquina.

4.16 Prueba del insertador, girando manualmente el eje principal.

4.17 Limpieza de zona de trabajo.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-1. Despiece para actividad cambio de insertador.

<u>Cambio de cuchilla plana en insertador de lazos</u>

4.18 Desmontar corredera del insertador (ver 4.8).

4.19 Soltar tornillo (8) de cuchilla plana.

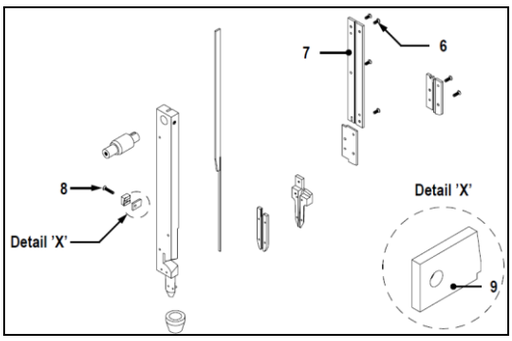
4.20 Desmontar cuchilla plana (9) a través de placa guía (7).

4.21 Instalar nueva cuchilla plana en la placa guía.

4.22 Montar tornillo de cuchilla plana.

4.23 Montar corredera en el insertador.

4.24 Montar tapa cubre cárter del insertador.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-2. Despiece para la actividad cambio de cuchilla plana.

Cambio de cuchilla cuadrangular de insertador de lazos

4.25 Desmontar corredera del insertador (ver 4.8).

4.26 Soltar tornillo (10) de cuchilla cuadrangular.

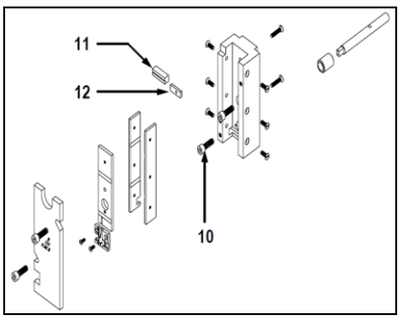
4.27 Desmontar cuchilla cuadrangular (11) junto con pieza de fijación (12).

4.28 Montar nueva cuchilla cuadrangular en cárter del insertador.

4.29 Montar tornillo de cuchilla cuadrangular.

4.30 Montar corredera en el insertador.

4.31 Montar tapa cubre cárter del insertador.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-3. Despiece para cambio de cuchilla cuadrangular.

Ajuste de cuchillas plana y cuadrangular de insertador de lazos

4.32 Desmontar corredera del insertador (ver 4.8).

4.33 Soltar tornillo de cuchilla cuadrangular (ver 4.26).

4.34 Mover corredera del insertador hasta que la cuchilla plana este a la altura de la cuchilla cuadrangular.

4.35 Introducir la cuchilla cuadrangular dentro del cárter hasta que se apoye ligeramente contra la cuchilla plana.

4.36 Montar tornillo de cuchilla cuadrangular.

4.37 Comprobar el deslizamiento de la cuchilla plana y cuadrangular al mover manualmente la corredera hacia arriba y hacia abajo.

Cambio del punzón de insertador de lazos

4.38 Desmontar corredera del insertador (ver 4.8).

4.39 Desmontar cárter del insertador (ver 4.9).

4.40 Girar el punzón 1 90° alrededor de su eje y retirar del ángulo de enganche (2).

4.41 Retirar el punzón (1) del cárter del insertador.

4.42 Montar el nuevo punzón en el ángulo de enganche.

4.43 Girar el punzón en 90° alrededor de su eje.

Ajuste del punzón de insertador de lazos

4.44 Soltar el tornillo (3) que aprieta al ángulo de enganche (2) y desplazarlo junto con el punzón lo máximo hacia la derecha.

4.45 Girar manualmente el eje principal, en sentido horario, hasta que el punzón llegue a su posición más avanzada dentro del insertador.

4.46 Desplazar el empujador hacia la izquierda hasta que quede a ras del cárter del insertador.

4.47 Montar tornillo del ángulo de enganche.

4.48 Montar la corredera.

4.49 Montar tapa del cárter del insertador.

4.50 Fijar la lengüeta en la corredera y la barra de transmisión en el bulón de arrastre de la corredera.

4.51 Girar manualmente el eje principal hasta el grado donde se pueda introducir el alambre.

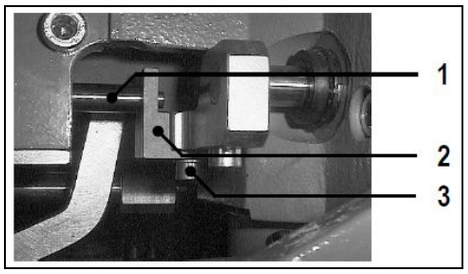
4.52 Introducir el alambre en el insertador y girar manualmente el eje principal hasta alcanzar el grado donde el empujador está más avanzada hacia la izquierda.

4.53 Confirmar que la corredera se encuentra en su posición superior y en el interior se ha formado la “U” de alambre.

4.54 Soltar el tornillo del ángulo de enganche y empujar el punzón ligeramente contra el alambre en forma de U.

4.55 Apretar el tornillo del ángulo de enganche.

4.56 Girar manualmente el eje principal varias veces para comprobar el correcto funcionamiento.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-4. Cambio de punzón.

Refilado del punzón de insertador de lazos

4.57 Desmontar corredera del insertador (ver 4.8).

4.58 Desmontar cárter del insertador (ver 4.9).

4.59 Girar el punzón 1 90° alrededor de su eje y retirar del ángulo de enganche (2).

4.60 Retirar el punzón (1) del cárter del insertador.

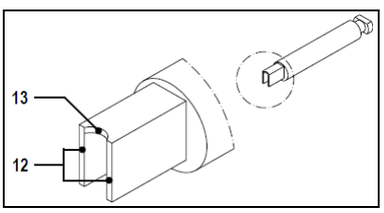
4.61 Refilar superficie plana (12) del punzón como máximo 1 mm.

4.62 Refilar superficie semiredonda (13) del punzón como máximo 1 mm.

4.63 Montar el nuevo punzón en el ángulo de enganche.

4.64 Girar el punzón en 90° alrededor de su eje.

4.65 Ajustar el punzón (ver 4.44 – 4.56).



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-5. Refilado del punzón de lazos.

Comprobar movimiento del punzón

4.66 Comprobar que a los 15° el punzón se encuentre en el punto más adelantado en el insertador.

4.67 Comprobar que el punzón permanezca en el punto más adelantado en el insertador hasta que la lengüeta haya pasado.

4.68 Comprobar que el punzón comienza su recorrido hacia la izquierda cuando la corredera del insertador ha alcanzado su punto muerto superior.

4.69 Comprobar que el punzón ha alcanzado su punto más alejado del insertador cuando la corredera del insertador ha comenzado la carrera hacia su punto muerto inferior.

4.70 Comprobar que al comenzar el retroceso del punzón la lengüeta le ha pasado por 6 y 8mm.

4.71 Comprobar que el movimiento del punzón debe realizar cuando mientras la corredera del insertador en encuentra en el punto muerto superior.

Comprobar corredera de insertador

4.72 Comprobar que a los 84° del eje principal comienza hacia abajo de la corredera.

4.73 Comprobar que a los 152° del eje principal la corredera a alcanzo su punto muerto inferior.

Ajustar corredera

4.74 El ajuste se debe realizar en la excéntrica del insertador.

4.75 Girar manualmente el eje principal hasta que la corredera a alcanzado su punto muerto superior.

4.76 Cuando la corredera comience su carrera hacia el punto muerto inferior, el punzón debe haber alcanzado su punto más alejado del insertador.

4.77 El ajuste correcto del punzón comienza cuando la lengüeta le ha pasado entre 4 y 6 mm.

Cambio de lengüeta

4.78 Girar manualmente el eje principal en sentido horario hasta el punto muerto superior de la lengüeta.

4.79 Soltar tornillo (1) de la lengüeta.

4.80 Desmontar tapa del cárter del insertador.

4.81 Retirar corredera del insertador (ver 4.8).

4.82 Retirar lengüeta (2) de la corredera del insertador.

4.83 Montar nueva lengüeta en la corredera del insertador.

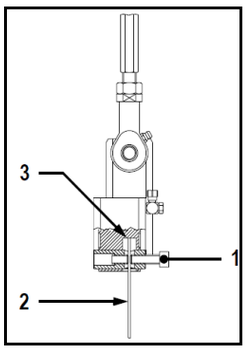
4.84 Montar tapa del cárter del insertador.

4.85 montar tornillo de la lengüeta.

4.86 Girar manualmente el eje principal en sentido horario hasta el punto muerto inferior de la lengüeta.

4.87 Soltar tornillo de la lengüeta y presionar la lengüeta desde la zona sobresaliente por las mandíbulas hacia arriba.

4.88 Apretar tornillo de la lengüeta.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-6. Cambio de lengüeta.

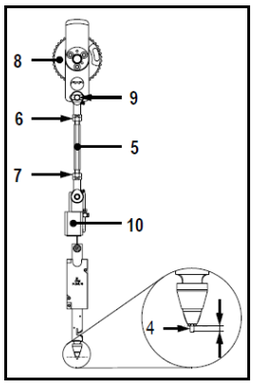
<u>Ajuste de profundidad de lengüeta</u>

4.89 Soltar las contratuercas (6 y 7).

4.90 Aumentar o reducir el largo de la barra de transmisión (5) según la profundidad (4) requerida.

4.91 La profundidad de la aguja de la lengüeta (4) es la medida que sobresale en su punto inferior de las mandíbulas del insertador.

4.92 La profundidad (4) debe ajustarse de tal manera que el mechón insertado en las escobillas quede entre el fondo del agujero de la escobilla y la punta de la lengüeta.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-7. Ajuste de profundidad de la lengüeta.

Comprobar accionamientos

4.93 Conectar el interruptor principal.

4.94 Abrir el paso de aire en la válvula manual neumática, ubicada en la unidad de mantenimiento.

4.95 Esperar alrededor de un minuto hasta que la pantalla del CNC esté lista para configurar.

4.96 Indicar en la pantalla del CNC, menú “Producción” el nombre del trabajo a realizar, el cual contiene las propiedades de insertador.

4.97 Comprobar que la escobilla de ensayo coincida con el nombre del trabajo y sus propiedades.

4.98 Activar repetidamente el pulsador 2 “Reconexión” hasta que no aparezca ningún código de error.

4.99 Activar interruptor 3 de marcha continua.

4.100 Activar entrada 7 de material de alambre izquierda.

4.101 Activar entrada 9 de accionamiento manual de mordazas.

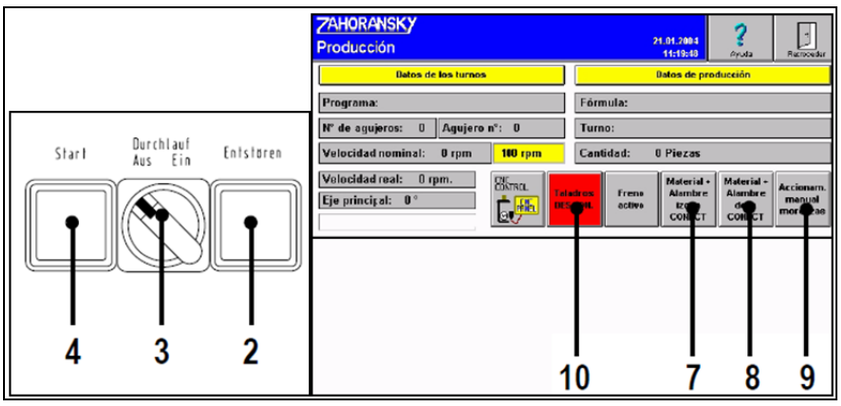
4.102 Comprobar la apertura de mordazas en mesa insertadora.

4.103 Activar entrada 10 de accionamiento de taladros eléctricos.

4.104 Comprobar el movimiento de los taladros.

4.105 Activar el pulsador 4 de arranque de la máquina.

4.106 Comprobar el sentido de giro horario de la máquina.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-8. Pulsadores y entradas de activación en pantalla del CNC.

<u>Puesta en marcha</u>

4.107 Realizar la comprobación de accionamiento (ver 4.94 – 4.107).

4.108 Activar entrada 8 de CNC control.

4.109 Activar entrada 5 para ir a punto cero.

4.110 Activar entrada 6 para activar los taladros.

4.111 Activar entrada 7 para ir al 1er agujero.

4.112 Colocar base de escobilla de zapato en mordazas que están debajo de los taladros, en extrema derecho, y activar entrada 9.

4.113 Activar interruptor 3 de marcha continua a conectada.

4.114 Activar pulsador 4 de arranque de la máquina.

4.115 La máquina debe taladrar la escobilla.

4.116 La máquina debe detenerse una vez taladrada la escobilla.

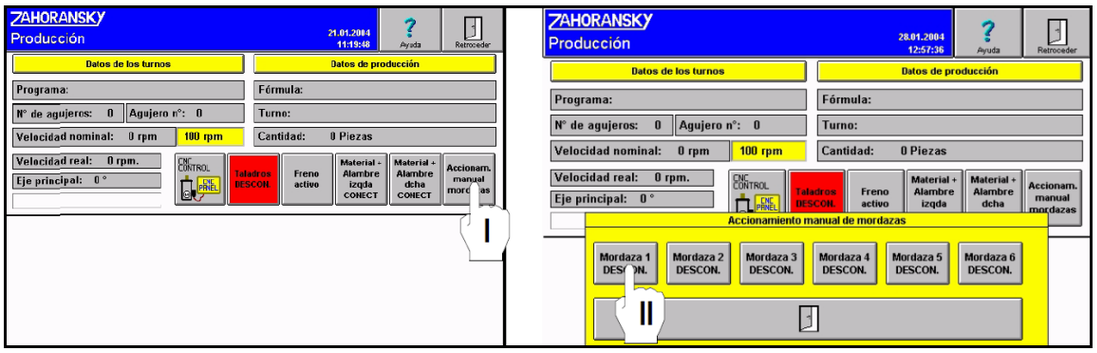
4.117 Situar interruptor 3 de marcha continua en desconectada.

4.118 Pisar el pedal de la máquina situado en el piso, e introducir una nueva base de escobilla de zapato.

4.119 Soltar el pedal.

4.120 Activar el pulsador 4 de arranque de la máquina.

4.121 La mesa insertadora se desplazará horizontalmente y situará al insertador sobre la escobilla nueva, en el primer agujero, para realizar el insertado.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-9. Pantalla del CNC para la puesta en marcha.

<u>Ajustar posición cero del encoder</u>

4.122 Girar polea del eje principal de forma manual y en sentido horario hasta alcanzar el punto muerto superior de la lengüeta.

4.123 Comprobar en la pantalla del CNC el valor del eje principal, que debe ser 0°.

<u>Entrega a producción</u>

4.124 Retirar bloqueo lock-out y tarjeta de identificación de interruptor principal.

4.125 Retirar bloqueo lock-out y tarjeta de identificación de suministro de aire comprimido.

5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?

5.1 Bloqueo de interruptor principal.

5.2 Bloqueo de suministro de aire comprimido.

5.3 Apartar alambre.

5.4 Alejar arco circular.

5.5 Retirar cárter.

5.6 Retirar corredera.

5.7 Cambio de insertador.

5.8 Cambio de cuchilla plana.

5.9 Cambio de cuchilla cuadrangular.

5.10 Cambio de punzón.

5.11 Refilado del punzón.

5.12 Instalar cárter.

5.13 Instalar insertador nuevo en máquina.

5.14 Pruebas de accionamiento.

5.15 Puesta en marcha.

5.16 Retiro de bloqueos lock-out y tarjetas de identificación.

5.17 Limpieza de zona de trabajo.

6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo, ¿cuáles y cómo se evitarán?

6.1 Roturas de lengüeta después de la instalación, durante la operación normal. Se evitarán con pautas de trabajos y supervisión de mantenciones.

6.2 Corte de pernos del insertador. Se evitarán con pautas de trabajos y supervisión de mantenciones.

7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

7.1 Verificar repuestos en bodega.

7.2 Retirar repuestos de bodega.

7.3 Preparación de herramientas e insumos de trabajo.

7.4 Confirmar disponibilidad de mecánicos.

7.5 Coordinar con Jefe de Producción la detención de la máquina.

8. ¿Cuándo se debe realizar?

8.1 Cambio en fabricación de escobillas de zapato a escobillas cilíndricas.

8.2 Cambio de piezas internas por fallas.

8.3 Refilado mensual de punzón.

9. ¿El inicio de este trabajo depende del término o entrega de otras actividades?, ¿cuáles?

9.1 Término de fabricación de un tipo de escobilla, cilíndricas o de zapatos.

10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?

10.1 ¿Específicamente para esta actividad? No.

11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

11.1 ¿Específicamente para esta actividad? No.

12. ¿Qué repuestos se necesitan?

- Lengüeta 1(c/u)
- Cuchilla plana 1(c/u)
- Cuchilla cuadrangular 1(c/u)
- Punzón de lazos 1(c/u)

13. ¿Qué herramientas se necesitan?

- Llaves Punta Corona métricas: 6, 7, 10 — 2 (c/u)
- Dados 3/4 Allen métricas: 6, 8 — 2 (c/u)
- Pistola neumática — 1 (c/u)
- Destornillador de paleta chico — 2 (c/u)
- Aceitera — 1 (c/u)
- Paños de limpieza — 5 (c/u)

14. Indique que competencias técnicas requiere el trabajo

14.1 Mecánica.

14.2 Instrumentación y control.

14.3 Desmontaje/montaje de equipos mecánicos.

14.4 Eléctrica.

15. ¿Quién o quiénes realizarán el trabajo?

15.1 Mecánico — 1 (c/u)

15.2 Eléctrico — 1 (c/u)

16. ¿Quién será el responsable del trabajo?

16.1 Jefe de Mantenimiento (Supervisor).

16.2 Jefe Producción.

16.3 Prevencionista de riesgo.

16.4 Coordinador de Sección insertadora.

16. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?

16.1 Entregando Planificación de Mantenimiento, pautas de Trabajo, Check List, Planos.

16.2 Analizar previamente planificación de trabajo en conjunto con mecánicos y eléctricos.

17. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

17.1 Tiempo Disponible:

- Inicio : 9:00 hr.
- Término : 13:30 hr.
- Frecuencia : Mensual.
- Horas : 4 hr. 30 min.
- Turnos : 1/2 Turno, Diurno.

18. ¿En qué horario se realizará el trabajo?

18.1 Horario administrativo.

19. ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

19.1 Personal Interno: 1 Mecánico, 1 Eléctrico, 1 Supervisor, 1 Prevencionista de Riesgo, 1 Coordinador.

20. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?

20.1 Mantención Mecánica Insertador : Check List Recepción Equipo.

20.2 Mantención Mecánica Insertador : Informe Técnico.

20.3 Repuestos Utilizados : Informe Técnico.

21. ¿Qué pruebas se realizarán?

21.1 Comprobar corredera de insertador.

21.2 Ajuste de profundidad de lengüeta.

21.3 Comprobar movimiento del punzón.

21.4 Comprobar accionamientos.

21.5 Puesta en marcha.

22. ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?

22.1 1 Mecánico y 1 Eléctrico.

23. Realice un análisis de riesgo de esta actividad (Qué pasa si…)

23.1 Qué pasa si se encuentran daños en la lengüeta:

- Cambiar lengüeta.
- Realizar recuperación de lengüeta por soldadura al término de la mantención.

24. Qué pasa si se encuentran daños en el punzón:

- Cambiar punzón.
- Refilar superficies del punzón al término de la mantención.

25. Qué pasa si se encuentran daños en cuchillas planas:

- Cambiar cuchillas planas.

26. Qué pasa si se encuentran daños en cuchillas cuadrangulares:

- Cambiar cuchillas cuadrangulares.

27. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

27.1 Pauta de Trabajo.

27.2 Check List de Recepción Equipo.

27.3 Check List de Entrega Equipo.

27.4 Informe Técnico Personal de Mantención.

26. Instrucciones de seguridad

26.1 Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe cortar el suministro eléctrico y bloquear el interruptor principal con candado lock-out y tarjeta de identificación de todos quienes participan en la mantención.

26.2 Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe cortar el suministro aire comprimido y bloquear el interruptor principal con candado lock-out y tarjeta de identificación de todos quienes participen en la mantención.

26.3 Antes de iniciar los trabajos, solicite autorización de intervención al supervisor Jefe de Mantenimiento.

26.4 Antes de iniciar el trabajo confirme con supervisor Jefe de Mantenimiento el stock de repuestos requeridos.

26.5 Antes de iniciar el trabajo confirme que se encuentren todas las herramientas e insumos.

26.6 Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad puedan resultar lesionadas.

26.7 Antes de iniciar el trabajo tener precaución por posibles superficies calientes.

26.8 Antes de iniciar el trabajo asegurarse de contar con los EPP necesarios.

26.9 Antes de iniciar las maniobras de cambio de insertador capacitar al personal.

26.10 Asegúrese que en maniobras que involucran 2 o más personas, estén bien coordinados los movimientos, para asegurar que la acción, movimiento o maniobra de uno de ellos pueda afectar o lesionar a los demás.

26.11 Asegure que herramientas a utilizar se encuentren en buen estado y limpias.

26.12 Verifique siempre que su personal no levante cargas ni realizara acciones de fuerza inadecuadas que podrían provocar daños o malestar.

26.13 Tenga precaución, el equipo o sus componentes pueden tener aristas vivas o superficies cortantes, el personal que participara en el trabajo debe utilizar guantes.

26.14 Todas las superficies de tránsito de personas, escalas, etc., deben estar siempre libre de lubricantes o restos de grasas.

26.15 No escale o trepe por el equipo, utilice solo plataformas y andamios habilitados para la mantención.

26.16 Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite, grasa, pasta, etc., causan superficies resbaladizas y pueden provocar accidentes.

26.17 Al finalizar el trabajo se deben contabilizar las herramientas dispuestas para la mantención.

26.18 Al finalizar el trabajo se debe realizar una limpieza de la zona de trabajo.

26.19 Al finalizar el trabajo se debe retirar todos los bloqueos.

Planificación mantención insertador de áncoras

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?

1.1 Cambio de insertador.

1.2 Cambio de cuchilla plana y guía de alambre.

1.3 Refilado de unidad de corte.

1.4 Ajuste de unidad de corte

1.5 Comprobación y ajuste de corredera de insertador.

1.6 Cambio de punzón.

1.7 Ajuste de punzón.

1.8 Refilado de punzón.

1.9 Comprobar y ajustar movimiento de punzón.

2. ¿Por qué se debe realizar?

2.1 Mantención preventiva.

2.2 Mantención reactiva correctiva.

2.3 Mantención reactiva restaurativa.

2.4 Cambio de insertador según tipo de escobillas a fabricar.

3. ¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

3.1 Cambio de insertador.

3.2 Cambio de cuchilla plana.

3.3 Cambio de cuchilla cuadrangular.

3.4 Cambio de medidas de alambre.

3.5 Refilado del punzón.

3.6 Cambio de lengüeta.

3.7 Cambio de alambre.

3.8 Cambio de arco circular.

3.9 Cambio de contraarco.

4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?

4.1 Bloqueo de interruptor principal con candado lock-out y tarjeta de identificación del personal a participar.

4.2 Bloqueo de suministro de aire comprimido con candado lock-out y tarjeta de identificación del personal a participar.

<u>Cambio de insertador de áncoras</u>

4.3 Apartar alambre de lazos del insertador.

4.4 Soltar tornillo de apriete de tapa cubre cárter.

4.5 Retirar tapa cubre cárter (1).

4.6 Retirar barra de transmisión del bulón de arrastre (2) de la corredera del insertador (3).

4.7 Retirar corredera (3) en conjunto con lengüeta del cajetín.

4.8 Retirar cárter del insertador, soltando tornillo (4) del cárter (5).

4.9 Retirar el cárter (5).

4.10 Instalar nueva corredera de áncoras.

4.11 Instalar cárter en la corredera

4.12 instalar barra de transmisión del bulón de arrastre de la corredera.

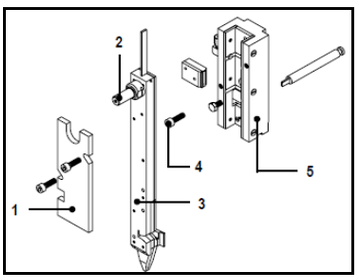
4.13 Instalar tapa cubre cárter.

4.14 Fijar tornillos de tapa cubre cárter.

4.15 Instalar insertador nuevo en la máquina.

4.16 Prueba del insertador, girando manualmente el eje principal.

4.17 Limpieza de zona de trabajo.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-10. Despiece para actividad cambio de insertador de áncoras.

Cambio de cuchilla y guía de alambre de insertador de áncoras

4.18 Desmontar corredera del insertador.

4.19 Soltar tornillo (8) del conjunto cuchilla y guía de alambre (9).

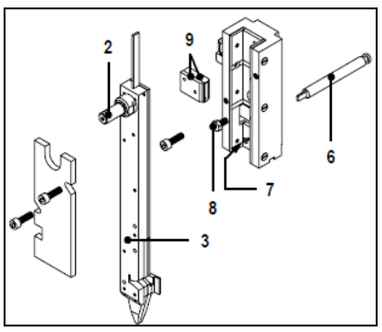
4.20 Desmontar conjunto cuchilla y guía de alambre (9).

4.21 Instalar nueva cuchilla plana en la placa guía.

4.22 Montar tornillo de cuchilla plana.

4.23 Montar corredera en el insertador.

4.24 Montar tapa cubre cárter del insertador.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-11. Despiece para la actividad de cambio de cuchilla plana.

Ajuste de unidad de corte de insertador de áncoras.

4.25 Desmontar corredera del insertador (ver en cambio de insertador 4.3-4.8).

4.26 Soltar tornillo de sujeción de unidad de corte de alambre.

4.27 Retirar la unidad de corte en dirección del transporte de alambre.

4.28 Soltar tornillo de ángulo en donde está enganchado el punzón.

4.29 Apoyar la unidad de corte de alambre ligeramente contra la superficie lateral del punzón.

4.30 Fijar la unidad de corte de alambre.

4.31 Ajustar la distancia entre la unidad de corte y el punzón de 0,01 a 0,02 mm.

4.32 Comprobar el movimiento libre del punzón.

4.33 Montar unidad de corte de alambre.

4.34 Montar tornillo de sujeción de unidad de corte de alambre.

4.35 Montar corredera del insertador.

Refilado de unidad de corte de insertador de áncoras

4.36 Desmontar corredera del insertador.

4.37 Soltar tornillo (8) que sujeta la unidad de corte (9).

4.38 Retirar la unidad de corte para su afilado.

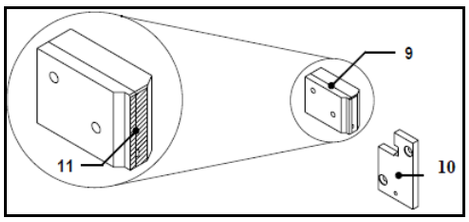
4.39 Refilar la superficie (11) en Angulo recto respecto a los laterales.

4.40 Refilar retirando material con un máximo de 0,05 a 0,1 mm.

4.41 No quitar más de 0,5 mm a la unidad de corte.

4.42 Montar unidad de corte.

4.43 Montar tornillo (8) que sujeta la unidad de corte.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-12. Unidad de corte.

<u>Cambio del punzón de insertador de áncoras</u>

4.44 Desmontar corredera del insertador (ver en cambio de insertador 4.3-4.8).

4.45 Desmontar cárter del insertador.

4.46 Girar el punzón 1 90° alrededor de su eje y retirar del ángulo de enganche (2).

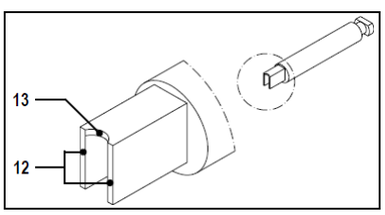
4.47 Retirar el punzón (1) hacia la izquierda a través del cárter del insertador.

4.48 Refilar superficie plana (12) del punzón como máximo 1 mm.

4.49 Refilar superficie semi redonda (13) del punzón como máximo 1 mm.

4.50 Montar el nuevo punzón en el ángulo de enganche.

4.51 Girar el punzón en 90° alrededor de su eje.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-13. Refilado del punzón de lazos.

Ajuste del punzón de insertador de áncoras

4.52 Retirar el alambre del insertador y desmontar la corredera del mismo.

4.53 Girar manualmente el eje principal, hasta el punto izquierdo más avanzado del punzón, que debe ser en el grado 15° del eje principal.

4.54 Soltar el tornillo (3) que sujeta el ángulo de enganche (2) del punzón, y retirarlo hacia la derecha.

4.55 Montar la corredera del insertador.

4.56 Introducir la lengüeta hasta el punto de haber pasado por la altura del punzón.

4.57 Empujar el punzón (6) con el ángulo de enganche ligeramente contra la aguja.

4.58 Apretar el tornillo (3) del ángulo de enganche (2).

4.59 Sujetar la lengüeta con su corredera.

4.60 Girar manualmente el eje principal hasta el grado en el que haya finalizado el transporte de alambre.

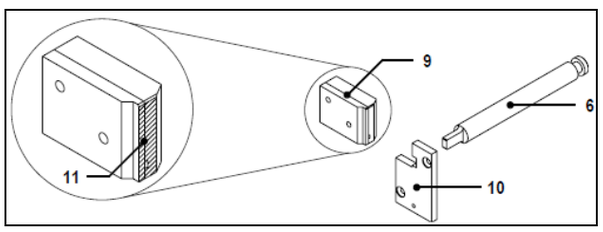
4.61 Introducir el alambre en el insertador.

4.62 Girar manualmente el eje principal hasta el punto más avanzado del punzón.

4.63 Soltar el tornillo del ángulo de enganche para que el punzón calce completamente con la anchura del alambre.

4.64 Apretar tornillo del ángulo de enganche contra el alambre áncora recién cortado y volver a apretarlo.

4.65 Girar manualmente el eje principal 5 veces para comprobar el correcto funcionamiento.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-14. Ajuste del punzón.

Refilado del punzón de insertador áncoras

4.66 Desmontar corredera del insertador (ver en cambio de insertador 4.3-4.8).

4.67 Desmontar cárter del insertador.

4.68 Girar el punzón 1 90° alrededor de su eje y retirar del ángulo de enganche (2).

4.69 Retirar el punzón (1) del cárter del insertador.

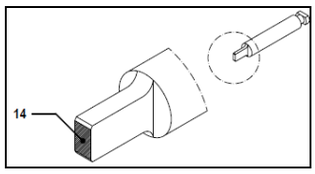
4.70 Refilar superficie plana (14) perpendicularmente al eje del punzón como máximo 1 mm.

4.71 Repasar ligeramente las esquinas superior e inferior para suavidad del movimiento.

4.72 Montar el nuevo punzón en el ángulo de enganche.

4.73 Girar el punzón en 90° alrededor de su eje.

4.74 Ajustar el punzón (ver 4.60 – 4.73).



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-15. Refilado del punzón.

<u>Comprobar corredera de insertador</u>

4.75 Comprobar que a los 84° del eje principal comienza hacia abajo de la corredera.

4.76 Comprobar que a los 152° del eje principal la corredera a alcanzo su punto muerto inferior.

<u>Ajustar corredera</u>

4.77 El ajuste se debe realizar en la excéntrica del insertador.

4.78 Girar manualmente el eje principal hasta que la corredera a alcanzado su punto muerto superior.

4.79 Cuando la corredera comience su carrera hacia el punto muerto inferior, el punzón debe haber alcanzado su punto más alejado del insertador.

4.80 El ajuste correcto del punzón comienza cuando la lengüeta le ha pasado entre 4 y 6 mm.

Comprobar movimiento del punzón

4.81 Comprobar que a los 15° el punzón se encuentre en el punto más adelantado en el insertador.

4.82 Comprobar que el punzón permanezca en el punto más adelantado en el insertador hasta que la lengüeta haya pasado.

4.83 Comprobar que el punzón comienza su recorrido hacia la izquierda cuando la corredera del insertador ha alcanzado su punto muerto superior.

4.84 Comprobar que el punzón ha alcanzado su punto más alejado del insertador cuando la corredera del insertador ha comenzado la carrera hacia su punto muerto inferior.

4.85 Comprobar que al comenzar el retroceso del punzón la lengüeta le ha pasado por 6 y 8 mm.

4.86 Comprobar que el movimiento del punzón debe realizar cuando mientras la corredera del insertador en encuentra en el punto muerto superior.

Comprobar accionamientos

4.87 Conectar el interruptor principal.

4.88 Abrir el paso de aire en la válvula manual neumática, ubicada en la unidad de mantenimiento.

4.89 Esperar alrededor de un minuto hasta que la pantalla del CNC esté lista para configurar.

4.90 Indicar en la pantalla del CNC, menú “Producción” el nombre del trabajo a realizar, el cual contiene las propiedades de insertador.

4.91 Comprobar que la escobilla de ensayo coincida con el nombre del trabajo y sus propiedades.

4.92 Activar repetidamente el pulsador 2 “Reconexión” hasta que no aparezca ningún código de error.

4.93 Activar interruptor 3 de marcha continua.

4.94 Activar entrada 7 de material de alambre izquierda.

4.95 Activar entrada 9 de accionamiento manual de mordazas.

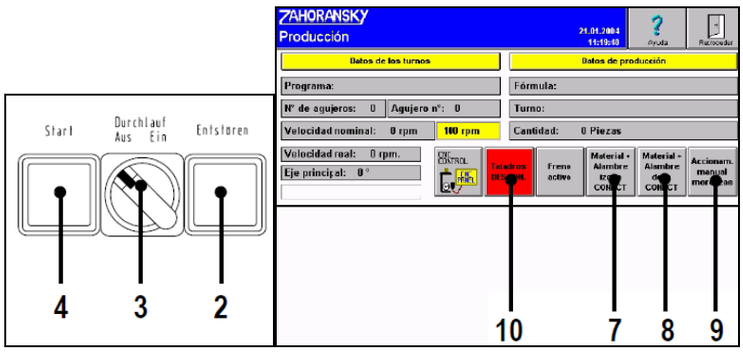
4.96 Comprobar la apertura de mordazas en mesa insertadora.

4.97 Activar entrada 10 de accionamiento de taladros eléctricos.

4.98 Comprobar el movimiento de los taladros.

4.99 Activar el pulsador 4 de arranque de la máquina.

4.100 Comprobar el sentido de giro horario de la máquina.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-16. Pulsadores y entradas de activación en pantalla CNC.

<u>Puesta en marcha</u>

4.101 Realizar la comprobación de accionamiento (ver 4.66 – 4.79).

4.102 Activar entrada 8 de CNC control.

4.103 Activar entrada 5 para ir a punto cero.

4.104 Activar entrada 6 para activar los taladros.

4.105 Activar entrada 7 para ir al primer agujero.

4.106 Colocar base de escobilla de zapato en mordazas que están debajo de los taladros, en extrema derecho, y activar entrada 9.

4.107 Activar interruptor 3 de marcha continua a conectada.

4.108 Activar pulsador 4 de arranque de la máquina.

4.109 La máquina debe taladrar la escobilla.

4.110 La máquina debe detenerse una vez taladrada la escobilla.

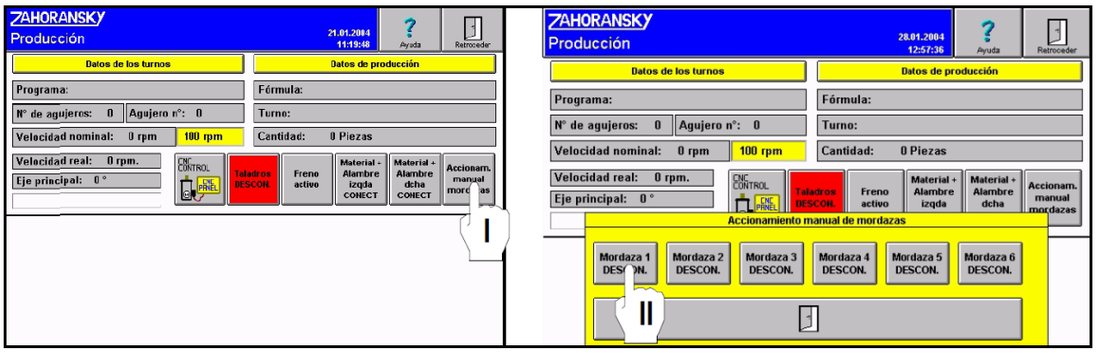
4.111 Situar interruptor 3 de marcha continua en desconectada.

4.112 Pisar el pedal de la máquina situado en el piso, e introducir una nueva base de escobilla de zapato.

4.113 Soltar el pedal.

4.114 Activar el pulsador 4 de arranque de la máquina.

4.115 La mesa insertadora se desplazará horizontalmente y situará al insertador sobre la escobilla nueva, en el primer agujero, para realizar el insertado.



Fuente: Manual mecánico, ET 125, Zahoransky.

Figura F-17. Pantalla del CNC para la puesta en marcha.

<u>Ajustar posición cero del encoder</u>

4.116 Girar polea del eje principal de forma manual y en sentido horario hasta alcanzar el punto muerto superior de la lengüeta.

4.117 Comprobar en la pantalla del CNC el valor del eje principal, que debe ser 0°.

<u>Entrega a producción</u>

4.118 Retirar bloqueo lock-out y tarjeta de identificación de interruptor principal.

4.119 Retirar bloqueo lock-out y tarjeta de identificación de suministro de aire comprimido.

5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?

5.1 Bloqueo de interruptor principal.

5.2 Bloqueo de suministro de aire comprimido.

5.3 Apartar alambre.

5.4 Alejar arco circular.

5.5 Retirar tapa cubre cárter.

5.6 Retirar corredera.

5.7 Retirar cárter.

5.8 Cambio de insertador.

5.9 Cambio de cuchilla plana.

5.10 Cambio de cuchilla cuadrangular.

5.11 Cambio de punzón.

5.12 Refilado del punzón.

5.13 Instalar cárter.

5.14 Instalar tapa cubre cárter.

5.15 Instalar insertador nuevo en máquina.

5.16 Pruebas de giro manual.

5.17 Retiro de bloqueos lock-out y tarjetas de identificación.

5.18 Limpieza de zona de trabajo.

6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo?, ¿cuáles y cómo se evitarán?

6.1 Roturas de lengüeta después de la instalación, durante la operación normal. Se evitarán con pautas de trabajos y supervisión de mantenciones.

6.2 Corte de pernos del insertador. Se evitarán con pautas de trabajos y supervisión de mantenciones.

7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?

7.1 Verificar repuestos en bodega.

7.2 Retirar repuestos de bodega.

7.3 Preparación de herramientas e insumos de trabajo.

7.4 Confirmar disponibilidad de mecánicos.

7.5 Coordinar con Jefe de Producción la detención de la máquina.

8. ¿Cuándo se debe realizar?

8.1 Cambio en fabricación de escobillas de zapato a escobillas cilíndricas.

8.2 Cambio de piezas internas por fallas.

8.3 Refilado mensual de punzón.

9. ¿El inicio de este trabajo depende del término o entrega de otras actividades? ¿cuáles?

9.1 Término de fabricación de un tipo de escobilla, cilíndricas o de zapatos.

10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?

10.1 Partida de fabricación de escobillas cilíndricas y de zapatos.

11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

11.1 ¿Específicamente para esta actividad? No.

12. ¿Qué repuestos se necesitan?

- Lengüeta 1(c/u)
- Cuchilla plana 1(c/u)
- Cuchilla cuadrangular 1(c/u)

- Punzón 1(c/u)

13. ¿Qué herramientas se necesitan?

- Llaves Punta Corona: 6, 7, 10 1 (c/u)
- Dados 3/4 Allen métricas: 6, 8 1 (c/u)
- Pistola neumática 1 (c/u)
- Destornillador de paleta chico 1 (c/u)
- Aceitera 1 (c/u)
- Paños de limpieza 5 (c/u)

14. Indique (seleccione) que competencias técnicas requiere el trabajo

14.1 Mecánica

14.3 Instrumentación

14.4 Desmontaje/montaje equipos mecánicos

14.5 Eléctrica

15. ¿Quién o quienes realizarán el trabajo?

15.1 Mecánico 1 (c/u)

15.2 Eléctrico 1 (c/u)

16. ¿Quién será el responsable del trabajo?

16.1 Jefe de Mantenimiento (Supervisor)

16.2 Jefe Producción

16.3 Prevencionista de Riesgo

16.4 Coordinador de Sección insertadora

17. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutarán el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?

17.1 Entregando Planificación de Mantenimiento, pautas de Trabajo, Check List, Planos.

17.2 Analizar previamente planificación de trabajo en conjunto con mecánicos y eléctricos.

18. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

18.1 Tiempo Disponible:

- Inicio : 9:00 hr
- Termino : 13:30 hr

- Frecuencia : Mensual
- Horas : 4 hr 30 min
- Turnos : 1/2 Turno, Diurno

19. ¿En qué horario se realizará el trabajo?

19.1 Horario Administrativo.

20. ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?

20.1 Personal Interno : 1 Mecánico, 1 Eléctrico, 1 Supervisor, 1 Prevencionista de Riesgo, 1 Coordinador.

21. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?

21.1 Mantención Mecánica Insertador : Check List Recepción Equipo.

21.2 Mantención Mecánica Insertador : Informe Técnico.

21.3 Repuestos Utilizados : Informe Técnico.

22. ¿Qué pruebas se realizarán?

22.1 Ajustar posición cero del encoder.

22.2 Comprobar sentido de giro.

22.3 Comprobar avance del alambre.

22.4 Comprobar movimiento de los taladros.

23. ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?

23.1 Mecánico y eléctrico.

24. Realice un análisis de riesgo de esta actividad (Qué pasa si…)

24.1 Qué pasa si se encuentran daños en la lengüeta:

- Reparar con soldadura.
- Cambiar lengüeta según condición

24.2 Qué pasa si se encuentran daños en el punzón:

- Refilar superficies.
- Cambiar punzón según condición.

24.3 Qué pasa si se encuentran daños en cuchillas planas:

- Cambiar cuchillas planas según condición.

24.4 Qué pasa si se encuentran daños en cuchillas cuadrangulares:

- Cambiar cuchillas cuadrangulares según condición.

25. ¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?

25.1 Pauta de Trabajo.

25.2 Check List de Recepción Equipo.

25.3 Informe Técnico Personal de Mantención.

26. Instrucciones de seguridad

26.1 Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe cortar el suministro eléctrico y bloquear el interruptor principal con candado lock-out y tarjeta de identificación.

26.2 Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe cortar el suministro aire comprimido y bloquear el interruptor principal con candado lock-out y tarjeta de identificación.

26.3 Antes de iniciar los trabajos, solicite autorización de intervención al supervisor Jefe de Mantenimiento.

26.4 Antes de iniciar el trabajo confirme con supervisor Jefe de Mantenimiento el stock de repuestos requeridos.

26.5 Antes de iniciar el trabajo confirme que se encuentren todas las herramientas e insumos.

26.6 Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.

26.7 Antes de iniciar el trabajo tener precaución por posibles superficies calientes.

26.8 Antes de iniciar el trabajo asegurarse de contar con los EPP necesarios.

26.9 Antes de iniciar las maniobras de cambio de insertador capacitar al personal.

26.10 Asegúrese que en maniobras que involucran 2 o más personas, estén bien coordinados los movimientos, para asegurar que la acción, movimiento o maniobra de uno de ellos pueda afectar o lesionar a los demás.

26.11 Asegure que herramientas a utilizar se encuentren en buen estado y limpias.

26.12 Verifique siempre que su personal no levante cargas ni realizara acciones de fuerza inadecuadas que podrían provocar daños o malestar.

26.13 Tenga precaución, el equipo o sus componentes pueden tener aristas vivas o superficies cortantes, el personal que participara en el trabajo debe utilizar guantes

26.14 Todas las superficies de tránsito de personas, escalas, etc., deben estar siempre libre de lubricantes o restos de grasas.

26.15 Capacite a su personal sobre la operación y riesgos de equipos hidráulicos y esmeriles angulares si aplican a su trabajo.

26.16 No escale o trepe por el equipo, utilice solo plataformas y andamios habilitados para la Mantención.

26.17 Mantenga siempre el área de trabajo limpia de aceite, grasa, pasta, etc., causan superficies resbaladizas y pueden provocar accidentes.

26.18 Al finalizar el trabajo se debe retirar todos los bloqueos.

ANEXO G: DATOS TÉCNICOS DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Tabla G-1. Datos técnicos de alineador de poleas láser.

Número de Modelo	Fixturlaser PAT II
Temperatura de almacenamiento	de -20 a 70 °C
Material de la caja	Aluminio extruido (tapa de PA moldeado)
Temperatura operativa	de 0 a 40°C
Humedad relativa	10 – 90%
Peso	340 g
Dimensiones	61 x 77 x 61 mm
Protección medioambiental	IP 65
Láser	Diodo clase II de 630 a 675 mm.
Ángulo del ventilador de línea de láser	90°
Potencia de láser	< 1 mW
Distancia de medición	De 50 mm a 6000 mm
Precisión de medición	Mejor que 0,5 m o 0,2 grados
Rango de diámetros de polea	Desde 75 mm y mayor (estándar)
Ancho de ranura de correa de polea	de 6 mm a 40 mm (estándar)
Fuente de corriente	2 pilas LR03 (AAA) de 1,5 V unidad
Tiempo operativo	20 horas de funcionamiento ininterrumpido

http://www.fixturlaser.com/

Tabla G-2. Datos técnicos de cámara termográfica.

Número de modelo	FLIR E5
Resolución IR	120 × 90
Resolución MSX	320 × 240
Sensibilidad térmica	<0,10 °C
Campo de visión	45° ~ 34°
Foco	Enfoque libre
Detector	Microbolómetro no refrigerado
Pantalla	3,0 in LCD en color de 320 x 240
Frecuencia de imagen	9 Hz
Modos de imagen	Imagen IR, imagen visual, MSX y galería de miniaturas
Imagen dinámica multiespectral (MSX)	Imagen IR con presentación de detalles mejorada
Rango de temperaturas	De -20 a 250 °C (de -4 a 482 °F)
Precisión	±2 % o 2°°C
Medidor puntual; área	Punto central; cuadro con mín./máx.
Modos de medición	2 modos: 1 punto central; 1 área (mín./máx.)
Corrección de emisividad	Variable de 0,1 a 1,0
Comandos de configuración	Adaptación local de las unidades, idioma, formatos de fecha y hora
Capacidad de almacenamiento	Memoria interna con capacidad para almacenar al menos 500 conjuntos de imágenes
Modo de almacenamiento	Almacenamiento simultánea de imágenes IR, visual y MSX
Formatos de archivo	JPEG estándar, datos de medición de 14 bits incluidos
Tipo de batería/tiempo de funcionamiento	~4 horas
Dimensiones/peso	0,575 kg
Caída	2 metros/6,6 pies

Fuente: http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/IND_001/IND_001_ES.pdf

Tabla G-3. Datos técnicos de Megaóhmetro/Multímetro.

Número de modelo	Fluke 1587 FC	
Medición de Tensión CA		
600,0 mV	Resolución (% de lectura + unidades de cuenta)	0,1 mV
	Precisión de 50 a 60 Hz	±(1 % + 3)
	Precisión de 60 a 5000 Hz	±(2 % + 3)
6 V	Resolución (% de lectura + unidades de cuenta)	0,001 V
	Precisión de 50 a 60 Hz	±(1 % + 3)
	Precisión de 60 a 5000 Hz	±(2 % + 3)
60,00 V	Resolución (% de lectura + unidades de cuenta)	0,01 V
	Precisión de 50 a 60 Hz	±(1 % + 3)
	Precisión de 60 a 5000 Hz	±(2 % + 3)
600 V	Resolución (% de lectura + unidades de cuenta)	0,1 V
	Precisión de 50 a 60 Hz	±(1 % + 3)
	Precisión de 60 a 5000 Hz	±(2 % + 3)[1]
1000 V	Resolución (% de lectura + unidades de cuenta)	1 V
	Precisión de 50 a 60 Hz	±(2 % + 3)
	Precisión de 60 a 5000 Hz	±(2 % + 3)[1]
Medición de tensión CC		
Rango	Resolución	Precisión ±(% de lectura + ud. de cuenta)
6 V CC	0,001 V	±(0,09 % + 2)
60,00 V CC	0,01 V	±(0,09 % + 2)
600,0 V CC	0,1 V	±(0,09 % + 2)
1000 V CC	1 V	±(0,09 % + 2)
Impedancia de entrada	10 MΩ (nominal), < 100 pF	
Relación de rechazo del modo común	>60 dB a 50 Hz o 60 Hz	
Relación de rechazo del modo común	> 120 dB a CC, 50 o 60 Hz (1 k sin equilibrio)	
Prueba de continuidad		
Indicación de continuidad (Tono)	Audible continuo para resistencia prueba menor a 25 Ω y superior a 100 Ω. Lectura máx.1000 Ω	
Tensión del circuito abierto	< 8,0 V	
Corriente en cortocircuito	1,0 mA típica	
Protección contra sobrecargas	1000 V rms	

Tiempo de respuesta	> 1 m seg	
Especificaciones generales		
Rango de medida	0,01 MΩ a 2 GΩ	
Tensiones de prueba	50, 100, 250, 500, 1000 V	
Precisión de la tensión de prueba	+20 %, -0 %	
Corriente de prueba en cortocircuito	1 mA nominal	
Descarga automática	Tiempo de descarga < 0,5 segundos para C = 1 µF o inferior	
Detección de circuitos vivos	Cancela la prueba si la tensión del terminal > 30 V antes del inicio de la prueba	
Carga capacitiva máxima	Funciona con carga de hasta 1 µF	
Tensión de salida		
50 V (de 0 % a +20 %)	Rango de la pantalla	De 0,01 a 6,00 MΩ
100 V (de 0 % a +20 %)	Rango de la pantalla	De 0,01 a 6,00 MΩ
250 V (de 0 % a +20 %)	Rango de la pantalla	De 0,1 a 60 MΩ
500 V (de 0 % a +20 %)	Rango de la pantalla	De 0,1 a 60,0 MΩ
1000 V (de 0 % a +20 %)	Rango de la pantalla	De 0,1 a 60 MΩ

Fuente: http://www.fluke.com/fluke/cles/medidores-de-aislamiento/fluke-1587-fc.htm?pid=80068

Tabla G-4. Datos técnicos de tintas penetrantes.

Número de Modelo	CRC CRICK 120
Apariencia	Líquido Rojo
Olor	Disolvente
Intervalo de destilación(disolvente)	180 - 250 °C
Punto de inflamación	> 70°C
Temperatura de auto ignición	> 200°C
Solubilidad en agua	Lavable en agua
Aerosol	12 x 500 ml
Productos	Crick 110 - Limpiador
	Crick 120 - Penetrante
	Crick 130 - Revelador

Fuente: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TDS%20Crick%20120%20(1).pdf

Tabla G-5. Datos técnicos de Analizador de Vibraciones

Numero de modelo	MA-2070C
Sensores	
Acelerómetro	Piezoeléctrico PZ-102
Sensibilidad	100 mV/g
Respuesta	10-5000 HZ ± 3db
Tipo sensor	Óptico de barrera
Amplitud Global	
Rangos desplazamiento	10-25-50-250-500-100 µm
Rangos velocidad vibración	1.0-2.5-5.0-10-50-100 mm/sg
Rangos aceleración	0.1-0.25-0.5-1.0-2.5-5.0-10 m/sg2
Exactitud globas	± 4% de valor escala + 1 digito
Análisis de espectro	
Resolución FTT	200-400-800-1600-3200-6400 líneas
Medición de fase y velocidad de giro	
Frecuencia	6000 CPM máx.
Rango de fase	0° - 360°
Envolvente de aceleración	
Filtro	50-1K, 500-10K, 100-5K, 100-2K, 5K-10K Hz
Ventanas	Rectangular, hanning, flat top
Memoria	
Puntos en ruta	1000
Puntos libres	200
Alimentación	
Batería recargable	6 celdas NiMH, tamaño AA, 2100 Mah min.
Tiempo recarga	10 h
Autonomía	10 h

Fuente: http://www.vibratorsa.com/index.php/equipos-portatiles/161-ma-2070-c

ANEXO H: ARRIENDO DE INSTRUMENTO ALINEADOR DE POLEAS

Tabla H-1. Cotización para el arriendo de alineador de poleas.

Arriendo	Días	UF
Alineador de polea Fixturlaser PAT II	1 a 2	1,6
	3 a 6	1,4
	7 a 15	1,2
	16 a 30	1
	Sobre 30	0,8

Fuente: www.cstgroup.cl

ANEXO I: CHECK LIST PARA MÁQUINA INSERTADORA ET 125

Tabla I-1. Check List para máquina insertadora ET 125.

CHECK LIST					
Máquina	Máquina insertadora ET 125	Responsable			
Sección	Insertadora	Fecha			
N°	Actividad		SI	NO	Observaciones actividad
1	Inspección visual por rotura de lengüeta.				
2	Inspección visual por pernos cortados de insertador.				
3	Inspección visual por rotura de brocas.				
4	Inspección visual por rotura de correa de transmisión.				
5	Inspección visual por rotura de correa de taladros.				
6	Inspección visual por suciedad en ventilación de motor eléctrico.				
7	Inspección visual de suciedad en vaso separador de agua de unidad de mantenimiento.				
8	Verificar lubricación en eje excéntrico.				
9	Verificar/Ajustar presión de 6 bar en manómetro de unidad de mantenimiento.				
10	Verificar nivel bajo el máx. de vaso separador de agua en unidad de mantenimiento				
11	Verificar acoples de líneas de aire conectadas.				
12	Verificar apriete de tuerca sujetadora de brocas.				
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
Observaciones Generales					
Repuestos a requerir					
Firma Responsable					

Fuente: Elaboración propia en programa Excel.