

TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
Ingeniería en Mantenimiento Industrial



**ANTEPROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR GRADO DE
LICENCIATURA.**

**“ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO BASADO EN RCM PARA LA RANURADORA Y
MOLDURADORA EN PLYCEM CONSTUSISTEMAS”**

FREDDY ARGUEDAS ROCHA 200719246

I Semestre 2015



engineerscanada

Escuela Acreditada por el
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

Hoja de Información

Información del estudiante

Nombre: Freddy Alejandro Arguedas Rocha

Cédula: 4-197-721

Carné ITCR: 200719246

Dirección de residencia permanente: Ub.Genezareth, Mercedes Norte, Heredia.

Teléfonos: 2262-5954/ 8887-3029

e-mail: freddyag.mante1@gmail.com

Información del proyecto

Nombre del proyecto: “Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo basado en RCM para la Ranuradora y Molduradora ”

Asesor académico: Ing. Manuel Badilla.

Asesor industrial: Ing. Diego Solís

Horario de trabajo del estudiante: Lunes a Viernes, de 8 a.m. a 5 p.m.

Tribunal examinador

Ing. Manuel Centeno.

Ing. Rodolfo Elizondo.

Dedicatoria

A mi madre y padre por ser mi apoyo incondicional en todos mis años como estudiante. Ellos dos han sido mi ejemplo de esfuerzo y dedicación, mis pilares en todo este tiempo.

A mi primo David que desde el cielo yo sé que me observa.

Agradecimientos

A Dios ya que sin él no hubiese logrado nada.

A mis padres porque gracias a ellos he podido concluir una etapa muy importante.

A mi madrina por siempre apoyarme en mis estudios y brindarme su amor incondicional.

Al personal de Mantenimiento de Plycem Ing. Diego Solís, Ing. Emmanuel Jiménez, Ing. Tatiana Solano, Ing. Karla Bolaños, Isac Leiva, Cristian Villalta, William Calderón, Roy Morera, mecánicos, operarios y a todas las personas que me brindaron su ayuda para realizar este proyecto.

A mis compañeros Omar Leitón, Josue Villalobos, Juan Diego Castaing, Marcos Calvo, Andrey Rizo, José Bonilla, Federico Canales, Olman Herrera, Emelis Mendez, Ledmis Elizondo, Jose Daniel Garita, Sebastian Quiros y todos aquellos que de una u otra manera siempre me brindaron su apoyo durante el período universitario.

A mi amigo Sebastian Cordero, aunque no seamos hermanos de sangre es como si lo fuéramos. Gracias loco!

A mi profesor asesor por su ayuda y consejos durante el desarrollo de la práctica

A todos los profesores que conforman la Escuela de Mantenimiento Industrial del Instituto Tecnológico, gracias a ellos por formarnos en el ámbito académico y humano.

ÍNDICE

1. Resumen	13
2. Abstract	14
3. Introducción.....	15
4. Definición del problema y situación actual.	16
5. Objetivos.	17
5.1 Objetivo General	17
5.2 Objetivos específicos	17
5.3 Metodología de trabajo.	18
6. Información de la empresa.....	19
6.1 Visión	19
6.2 Misión.....	19
6.3 Valores.....	19
6.4 Localización	19
6.5 Antecedentes	20
6.6 Organización.....	21
6.7 Política de calidad.....	23
6.8 Productos.....	23
6.8.1Materia prima.....	23
6.8.2 Descripción del proceso productivo.	24
6.8.3 Producción Primaria	25
6.8.4 Producción de Secundaria.....	26
6.8.5 Presentaciones del fibrocemento de Plycem.	27
7. Marco teórico.	30
7.1 Software de Gestión SAP	30
1.1 Principio de pareto	31
7.2.1 Historia de Pareto.....	31

7.2.2	Análisis y generalidades del Diagrama de Pareto	31
7.2.3	Tipos de Diagramas de Pareto	33
7.2.4	Propósitos generales del diagrama de Pareto	33
7.2.5	Ventajas y desventajas del Diagrama de Pareto	33
7.2.6.	Pasos para la implementación de un Diagrama de Pareto	34
7.3	Mantenimiento Centrado en la confiabilidad.	36
7.4	Reseña Histórica.....	37
7.5	Grupos de revisión.	38
7.6	Pasos de un análisis de RCM.	39
7.7	Funciones.....	39
7.8	Fallas Funcionales.	41
7.9	Modos de falla.....	42
7.10	Efectos de los fallos.....	45
7.11	Consecuencia de los fallos	46
7.12	Nivel de prioridad de riesgo.	46
7.13	Acciones proactivas y reactivas.....	49
8	Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en R.C.M.....	50
8.1	Grupo de trabajo.	51
8.2	Selección de los equipos.	52
8.2.1	Codificación de los equipos.	52
8.3	Formación de archivo técnico.	53
8.4	Estudio técnico de las máquinas.....	53
8.5	Determinar el nivel de análisis.	55
8.6	Determinar los índices de funcionamiento.	57
8.6.1	Disponibilidad operacional.....	58
8.6.2	Cálculo de disponibilidad operacional de la línea de maquinados.....	59
8.7	Elaboración de la Hoja de Trabajo RCM.....	60

8.8	Elaboración del manual de mantenimiento preventivo (MMP).	61
8.8.1	Código de la inspección.....	61
8.8.2	Tipo de orientación.	62
8.8.3.	Período de la inspección.	63
8.8.4	Frecuencia de la inspección.	63
8.8.5	Duración de la inspección.....	64
8.9	Cálculo del costo total del manual de mantenimiento preventivo.....	65
8.9.1	Costo de la mano de obra.....	65
8.10	Cronograma de inspecciones para la ranuradora y molduradora.	67
9.	Conclusiones.....	68
10.	Recomendaciones.....	69
11	Bibliografía	70
12	Apéndices.....	71
13	Anexos	150

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación de la Planta Plycem Costa Rica.	19
Ilustración 2. Organigrama administrativo de Plycem	21
Ilustración 3. Organigrama del departamento de Mantenimiento Plycem.	22
Ilustración 4. Flujograma del proceso de fabricación de productos de fibrocemento.	24
Ilustración 5. Utilización de Plydeck	28
Ilustración 6. Aplicación de siding de Plycem.....	29
Ilustración 8. Listado de funciones para hoja de información de RCM.....	40
Ilustración 9. Listado de fallas funcionales para hoja de información RCM.....	41
Ilustración 10. Modos de falla, Categoría Capacidad decreciente.	42
Ilustración 11. Modos de falla, Categoría Aumento del esfuerzo aplicado.	43
Ilustración 12. . Modos de falla, Categoría Capacidad Inicial.....	43
Ilustración 13. Listado de Subpartes, Modos de falla, Causas para la hoja de información.....	44
Ilustración 14. Listado de efectos para hoja de información RCM.	45
Ilustración 15. Factores para obtener el NPR	48
Ilustración 16. Listado de acciones proactivas para hoja de información RCM.50	
Ilustración 17. Codificación de los equipos.	52
Ilustración 18. Explicación de codificación de equipos.....	53
Ilustración 19. Ranuradora Leadermac modelo 3130 M.....	53
Ilustración 20. Datos de placa de la Ranuradora.	54
Ilustración 21. Molduradora Leadermac modelo 633H.....	54
Ilustración 22. Datos de placa de Molduradora.	54
Ilustración 23. Nivel de análisis de RCM para la Ranuradora.	55
Ilustración 24. Nivel de análisis de RCM para la Molduradora.	56
Ilustración 25. Ejemplo de código de inspección.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades por desarrollar para cada objetivo	18
Tabla 2. Modelo de las 7 preguntas y etapas del RCM.....	39
Tabla 3. Clasificación según tipo de efecto.	46
Tabla 4. Escala de valores para definir la gravedad.	46
Tabla 5. Escala de valores para definir la frecuencia.....	4
Tabla 6. Escala de valores para definir la probabilidad de no detección.....	47
Tabla 7. Tipos de acciones utilizadas en la hoja de información de RCM.....	50
Tabla 8. Grupo de trabajo RCM.	51
Tabla 9. Detalle de horas de paro Molduradora.	57
Tabla 10. Detalle de horas de paro Ranuradora.	58
Tabla 11. Datos para el cálculo de disponibilidad.	59
Tabla 12. Nomenclatura de los períodos de inspección.....	63
Tabla 13. Nomenclatura de los técnicos encargados de las inspecciones.....	64
Tabla 14. Cantidad de minutos requeridos por técnico para cada inspección del manual de mantenimiento preventivo.....	65
Tabla 15. Resumen del costo total de mano de obra para el plan de mantenimiento preventivo.....	65
Tabla 16. Lista de repuestos para la ranuradora.....	66
Tabla 17. Lista de repuestos de la molduradora.	66
Tabla 18. Lista de lubricantes utilizados para ambos equipos.	67

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1. Plantilla de hoja de Información utilizada para RCM.	71
Apéndice 2. Datos tabulados de los tiempos de paro de la molduradora.....	72
Apéndice 3. Diagrama de pareto para la Molduradora.....	73
Apéndice 4.Datos tabulados de los tiempos de paro de la ranuradora.	74
Apéndice 5. Diagrama de pareto de la ranuradora.	75
Apéndice 6. Hoja de RCM para Sistema de tracción de Molduradora.	76
Apéndice 7.Hoja de RCM para Sistema de Corte de Molduradora.....	80
Apéndice 8.Hoja de RCM para Sistema de Ajuste de Molduradora.....	84
Apéndice 9. Hoja de RCM para Sistema de Lubricación Manual de Molduradora.	87
Apéndice 10.Hoja de RCM para Sistema de Lubricación Automática de Molduradora.	89
Apéndice 11.Hoja de RCM para Sistema de Neumático de Molduradora.....	90
Apéndice 12.Hoja de RCM para Sistema de Eléctrico de Molduradora.	92
Apéndice 13.Hoja de RCM para Sistema de Tracción de Ranuradora.	94
Apéndice 14. Hoja de RCM para Sistema de Corte de Ranuradora.	98
Apéndice 15. Hoja de RCM para Sistema Ajuste de Ranuradora.	101
Apéndice 16. Hoja de RCM para Sistema Neumático de Ranuradora.	103
Apéndice 17. Hoja de RCM para Sistema Eléctrico de Ranuradora.	105
Apéndice 18. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de tracción de la molduradora.	107
Apéndice 19.Manual de mantenimiento preventivo del sistema de corte de la molduradora.	109
Apéndice 20.Manual de mantenimiento preventivo del sistema de ajuste de la molduradora.	111
Apéndice 21.Manual de mantenimiento preventivo del sistema de lubricación manual de la molduradora.	113
Apéndice 22.Manual de mantenimiento preventivo del sistema de lubricación automática de la molduradora.	114
Apéndice 23.Manual de mantenimiento preventivo del sistema neumático de la molduradora.	115

Apéndice 24. Manual de mantenimiento preventivo del sistema eléctrico de la molduradora.	117
Apéndice 25. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de tracción de la ranuradora.....	119
Apéndice 26. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de corte de la ranuradora.....	122
Apéndice 27. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de ajuste de la ranuradora.....	125
Apéndice 28. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de neumático de la ranuradora.....	126
Apéndice 29. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de eléctrico de la ranuradora.....	128
Apéndice 30. Formulario para Inspecciones por turno para molduradora.....	130
Apéndice 31. Formulario para inspecciones por semana para la molduradora.	134
Apéndice 32. Formulario para inspecciones por mes para la molduradora...	136
Apéndice 33. Formulario de inspecciones por trimestre para la molduradora.	137
Apéndice 34. Formulario de inspecciones por semestre para la molduradora.	138
Apéndice 35. Formulario de inspecciones por año para la molduradora.....	139
Apéndice 36. Formularios de inspección por turno para la ranuradora.	140
Apéndice 37. Formularios de inspección por semana de la ranuradora.....	143
Apéndice 38. Formulario de inspecciones por mes para la ranuradora.	145
Apéndice 39. Formulario de inspecciones por trimestre para la ranuradora. .	146
Apéndice 40. Formulario de inspecciones por semestre para la ranuradora.	147
Apéndice 41. Formulario de inspecciones por año para la ranuradora.	148
Apéndice 42. Diagrama de Gantt 2015 para la molduradora y ranuradora. ...	149

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de porcentaje relativo.	35
Ecuación 2. Cálculo de disponibilidad.	58

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Diagrama de decisión.	150
-------------------------------------	-----

1. Resumen

Mediante el uso de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) se desarrolla el siguiente proyecto de mejorar la disponibilidad del equipo ranurado y moldurado, reduciendo los tiempos de paros mecánicos y eléctricos. Esto se logra si se establecen acciones proactivas que permitan disminuir el tiempo perdido por las fallas funcionales en los equipos de ranurado y moldurado.

Además, el estudio fue desarrollado en la línea de maquinados perteneciente al área de secundaria de producción, en esta línea se corta el material de fibrocemento para producir las diferentes presentaciones de: siding, playdeck, playrock, cornisa, rodapie y molduras.

El proceso consiste en ingresar el material en las bandas transportadoras, luego éste es trasladado a la ranuradora, la cual, corta la lámina entera en pequeñas secciones, después, cada una de estas secciones es transportada mediante las mesas de rodillos doucet a la molduradora, este equipo se encarga de realizar los cortes de acuerdo a las presentaciones mencionadas anteriormente.

El desarrollo del proyecto se realiza debido a una solicitud del departamento de mantenimiento de la empresa. La ranuradora y la molduradora son las máquinas más importantes, en la producción de la línea de maquinados, pues, si alguna de estas dos falla se detiene la producción en la sub área.

También, se utiliza la herramienta de Pareto como ayuda para el análisis de las fallas. Esta herramienta sirve para dar soporte al RCM en lo que respecta al estudio de los modos de falla.

Las acciones proactivas de mantenimiento para cada equipo fueron determinadas con la participación del personal de la empresa a cargo de la operación y el mantenimiento de los equipos. La metodología de RCM incluye recomendaciones para el rediseño de equipos, áreas para mejorar en capacitación o procedimientos de trabajo y las inspecciones de rutina para fallas potenciales.

Después, de haberse realizado la metodología de RCM se elaboran los manuales de mantenimiento preventivo que contienen el detalle de las inspecciones por realizar con el periodo, la frecuencia, la duración y el encargado de realizarla.

Palabras claves: RCM, Mantenimiento Preventivo, Molduradora, Ranuradora.

2. Abstract

The aim of this project is to improve the grooving and molding equipment availability by reducing the time spent during mechanical and electrical breakdown. It is important to mention that proactive actions were established in order to reduce the time wasted during these breakdowns. Reliability centered maintenance (RCM) methodology was used through the project since it includes recommendations for redesigning equipment, areas for improvement in training or work procedures and routine inspections for potential failures. Besides, Pareto tool was also used as support for failure analysis. This tool gives support to the RCM in regards to the study of failure modes.

This study was developed in the machining line that belongs to the production area at *Plycem Construsistemas de Costa Rica*; line in which fibre – cement material is cut to produce different presentations of: siding, playdeck, playrock, cornice moldings and skirting board. Moreover, this project was carried out due to a request from the maintenance department at Plycem since the router and molder machines are the more important ones at the machining line production because the following process takes place in them: material is placed on conveyor belts, then it is moved to the router, which cuts the entire film in small sections, then each of these sections is carried through tables doucet rollers to the molder, this equipment is responsible for making the cuts according to the presentations mentioned above. As a consequence, if either of these machines fails production in the sub area will be immediately stopped.

Proactive maintenance actions mentioned above for each team were determined with the participation of company's personnel responsible for the operation and maintenance of the equipment.

After applying RCM methodology and carrying out the study, maintenance manuals which contain performing inspections with its respective frequency, duration and person responsible for it were elaborated.

3. Introducción

Es pertinente señalar, Plycem es una empresa líder en la industria de la construcción, que cuenta con una amplia trayectoria de 48 años desarrollando y comercializando soluciones completas e integrales en fibrocemento y productos complementarios que satisfacen las necesidades de cualquier segmento del mercado.

La propuesta de valor de Plycem se centra en ofrecer una solución integrada por productos para diversas aplicaciones: cubiertas de techos, bases de techo, cielos rasos, paredes internas, paredes externas, bases de piso, molduras así como otros productos complementarios.

La compañía pertenece a Elementia, consorcio Mexicano que reúne a las empresas más importantes del ramo de la construcción de sectores como: fibrocemento, concreto, polietileno, estireno, cobre y aluminio. La empresa cuenta con tres áreas definidas como: fibras, primaria y secundaria. Cada una de ellas será incluida en un sistema de gestión para mantenimiento (SAP). Para el área de primaria ya se tiene un análisis de modos de fallas, con éste se obtienen los suficientes datos para nuestro sistema de gestión. En el caso del área de secundaria falta la subárea de la línea de maquinados.

En este perfil, se tienen dos equipos que son la principal fuente de producción, debido a la complejidad del equipo de los cuales (no existe información histórica disponible) y la necesidad de obtener una base de datos, se realiza un análisis de RCM con el fin de obtener un registro global y extensivamente, documentado de los requerimientos de mantenimiento de los activos físicos utilizados por la organización.

4. Definición del problema y situación actual.

Mediante un análisis de RCM se determina, las acciones necesarias para disminuir los paros mecánicos y eléctricos. Y así obtener una mejora en la disponibilidad de los equipos de la línea de maquinados.

Esta línea produce un material llamado Siding y Playdeck, estos dos materiales solo son procesados por estas dos máquinas (ranuradora y molduradora). Al detenerse una de ellas se suspende, se paraliza la línea, ya que, ellas trabajan en serie. Al tener paros en esta línea disminuye la producción y no se logra cumplir que los pedidos demandados por los consumidores del producto a tiempo, ocasionado pérdidas de contratos debido a la indisponibilidad del equipo para operar.

El departamento de mantenimiento actualmente, realiza tareas de preventivo, disciplinario y predictivo este último es subcontratado.

En la actualidad, los problemas encontrados en los equipos son: falta de programas mantenimiento preventivo, falta de conocimiento del uso del equipo por parte de los operarios, se cuentan con pocos datos del equipo, ya que, los manuales no detallan la información técnica del equipo (despieces de las diferentes partes del equipo).

No existe un plan de mantenimiento preventivo en el cual se definan períodos, frecuencias, tiempos de duración, para las distintas actividades proactivas tanto para los técnicos de mantenimiento como para los operarios. Con el fin de mejorar la gestión del mantenimiento la compañía incorpora un sistema de gestión llamado: SAP, el cual, busca obtener una base de datos, de la que luego se obtienen índices de mantenimiento y con ellos se puede ejecutar un análisis de la información para encontrar los puntos de mejora en el área de mantenimiento.

Además, el RCM es un complemento ideal para una base de datos, ya que, se pueden obtener datos como modos de falla, causas, consecuencias, actividades proactivas necesarias que aseguren que las fallas funcionales de los equipos y sus diferentes efectos sobre la producción, calidad, medio ambiente y seguridad de las personas son reducidas a niveles aceptables. Esto mejorará la disponibilidad y reducirá los costos de producción.

Además, de servir como base de datos, el RCM, permite evaluar la necesidad de efectuar mejoras o rediseños que disminuyan el riesgo de falla, se desarrolla un

lenguaje técnico común y se aumenta el conocimiento técnico de los integrantes del grupo.

5. Objetivos.

5.1 Objetivo General

Mejorar la disponibilidad del equipo de ranurado y moldurado en la línea de maquinados, mediante la reducción de los tiempos de paro mecánicos y eléctricos, utilizando la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

5.2 Objetivos específicos

5.2.1 Establecer las acciones proactivas de mantenimiento que permitan disminuir las fallas funcionales del equipo de ranurado y moldurado.

5.2.2 Complementar al personal de operación y mantenimiento de los equipos en estudio, con el proceso de análisis y determinación de acciones proactivas del equipo de ranurado y moldurado.

5.2.3 Realizar un manual de mantenimiento preventivo que sirva como guía para el personal de operación y mantenimiento, en éste se detalla la información de las acciones proactivas del equipo de ranurado y moldurado.

5.3 Metodología de trabajo.

Las actividades para llevar a cabo cada uno de los objetivos mencionados anteriormente, se denominan en la tabla uno.

Tabla 1. Actividades por desarrollar para cada objetivo

Objetivos	Actividades
<p>1</p> <p>Establecer las acciones proactivas de mantenimiento que permitan disminuir las fallas funcionales en los equipos de ranurado y moldurado.</p>	Recopilar información técnica referida a los equipos.
	Recopilar información de las ordenes de trabajo
	Realizar reuniones con personal técnico a cargo de los equipos.
	Ejecutar los pasos recomendados en el manual de mantenimiento preventivo del Ing. Jorge Valverde Vega para el proceso de RCM.
<p>2</p> <p>Complementar al personal de operación y mantenimiento de los equipos en estudio, en el proceso de análisis y determinación de acciones proactivas.</p>	Elaborar grupos de trabajo en las reuniones, para la aplicación y desarrollo de la hoja de trabajo RCM, según, lo establece la norma JA-1011.
<p>3</p> <p>Realizar un manual de mantenimiento preventivo que sirva como guía para el personal de operación y mantenimiento, en este se detalla la información de las acciones proactivas.</p>	Detallar información de los equipos
	Detallar rutinas de inspección.
	Establecer responsables de las tareas de mantenimiento y roles de trabajo
	Determinar los recursos necesarios, materiales y humanos, para la correcta aplicación del PMP

Fuente: Elaboración propia

Un elemento muy importante para realizar este método de análisis de los equipos es que se trabaja directamente, con el personal que los tiene a cargo, tanto en la operación como en el mantenimiento.

6. Información de la empresa.

6.1 Visión

“Queremos ser reconocidos como un grupo empresarial líder en Latinoamérica conformado por empresas que crean valor económico operando dentro de un marco de ética, de eco-eficiencia y de responsabilidad social, de manera que podamos contribuir a mejorar la calidad de vida de la gente.”(Plycem, s.f)

6.2 Misión

“Producir y comercializar rentablemente productos y soluciones para la industria de la construcción con énfasis en sistemas livianos operando en un marco de ética, eco-eficiencia y responsabilidad social.” (Plycem, s.f)

6.3 Valores

Nuestros clientes.

Todos nuestros colaboradores buscan constantemente, anticipar y satisfacer las necesidades cambiantes de nuestros clientes. (Plycem, s.f)

6.4 Localización

La fábrica de productos de fibrocemento Plycem se encuentra en paraíso de Cartago, 5 km al este de la Basílica de Nuestra Señora de los Ángeles. (Plycem, s.f)

Ilustración 1. Ubicación de la Planta Plycem Costa Rica.



Fuente:Google maps.

6.5 Antecedentes

Hace más de 50 años se inició la operación en Latinoamérica con las compañías de ETERNIT. ETERNIT comienza sus operaciones en Costa Rica bajo el nombre Ricalit S.A. (Plycem, s.f)

Surge en marzo de 1962, cuando tres empresarios nacionales Sr. Jack S. Harris, Sr. Edmont Woodbridge y Sr. Daniel Ratton, se entusiasman con la idea de instalar una planta para fabricar productos de asbesto - cemento, lo que se logra el 2 de diciembre de 1964, al producirse láminas de dicho material.

Con dificultades económicas, Ricalit se desarrolló lentamente, pero, a paso firme en el mercado nacional, y en el año 1973, lanza un nuevo producto: el tubo de asbesto- cemento. En 1980 se inician los primeros intentos para sustituir el asbesto, lo cual, se logra en el año de 1983 y de donde surge el Fibrolit 100, producto que tuvo gran aceptación en el mercado. (Plycem, s.f)

En noviembre de 1996, la corporación AMANCO de Costa Rica comienza sus operaciones producto de la fusión de tres empresas: Ricalit S.A.; Plásticos para la Construcción S.A. (P.P.C.) y Accesorios Plásticos Centroamericanos S.A. (A.P.C.), no obstante, su consolidación no se produce inmediatamente, sino hasta el primero de junio de 1998.

En el año 1999, se crea el centro Plycem para la investigación de la tecnología de fibrocemento en Costa Rica.

En 2009, se crea ELEMENTIA, una corporación de capital mexicano, ese año Plycem pasó a ser parte de esta corporación.

De este modo, rápidamente, este producto fue utilizado por las empresas constructoras y el público en general para la fabricación y remodelación de viviendas; debido a que su manejabilidad, calidad y precios, se ajustaban a las necesidades de los clientes. Inicialmente, las láminas se utilizaban en la construcción de paredes y exteriores, sin embargo, con el tiempo se les fue dando otros usos. (Plycem, s.f)

Se expone que su principal producto es el Fibrolit 100 para construcciones, el cual, es utilizado en paredes, cielo raso, tablillas para paredes y precintas, cielos artesanos, paredes de tablilla, tapicheles, entrepisos, puertas, estanterías, muebles, closets, segundos pisos y ampliaciones. (Plycem, s.f)

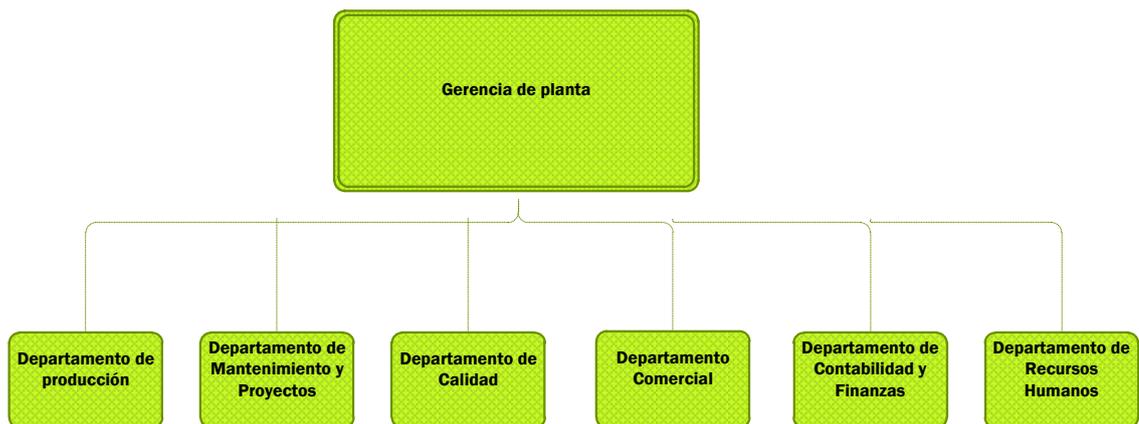
6.6 Organización

Plycem es parte de una gran organización transnacional llamada Elementia y como política de la empresa la estructura organizacional es 100% confidencial, por lo que, se describe a continuación es una idea muy general de la esquematización administrativa de la empresa.

Se cuenta con una Gerencia de Planta, la cual, tiene bajo su cargo la administración de todo lo que respecta a aspectos tales como producción, mantenimiento y otros.

Subordinada a ella se encuentran los diferentes departamentos principales, los cuales son: aseguramiento de la calidad, mantenimiento-proyectos, producción primaria y secundaria. (Plycem, s.f)

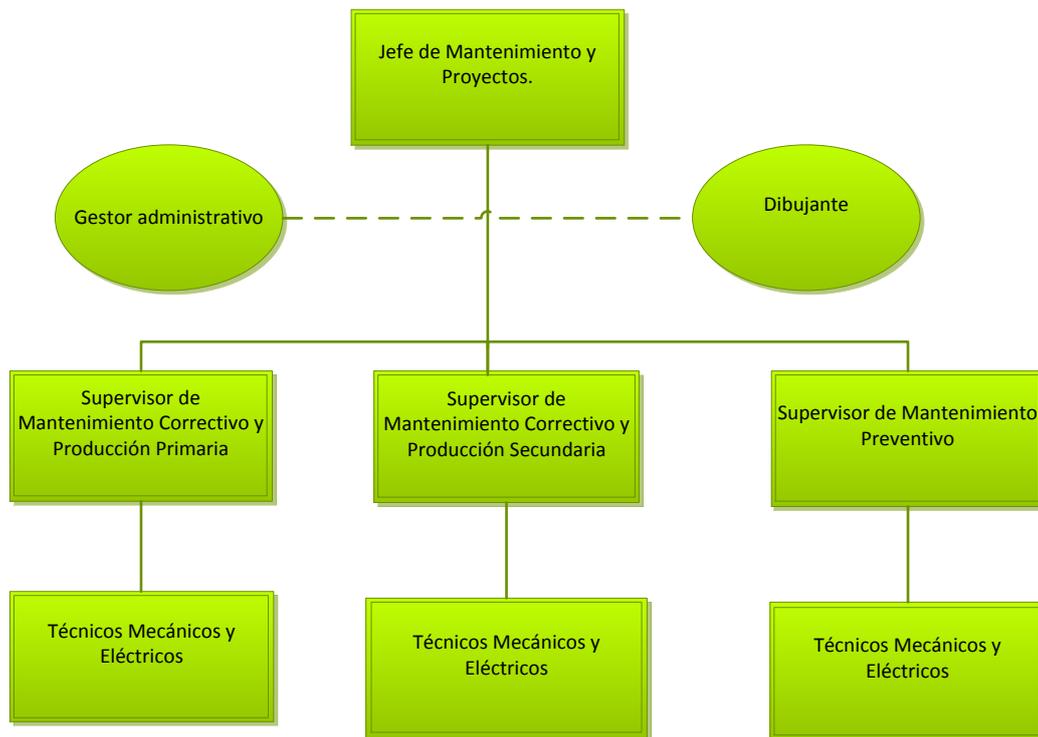
Ilustración 2. Organigrama administrativo de Plycem



Fuente: MS Visio, elaboración propia.

El jefe de mantenimiento tiene a su cargo dos supervisores de mantenimiento uno de correctivo y el otro de mantenimiento preventivo, cada uno con un equipo de técnicos eléctricos y mecánicos. (Plycem, s.f)

Ilustración 3. Organigrama del departamento de Mantenimiento Plycem.



Fuente: MS Visio, elaboración propia.

6.7 Política de calidad

Plycem es una empresa privada y por lo tanto, tiene como objetivo esencial la creación de valor económico para sus accionistas, mediante el desarrollo de mercados, la eficiencia operativa, la innovación y el crecimiento. (Plycem, s.f)

No obstante, sus actividades deben ser protegidas por sus valores fundamentales, orientadas por su visión e impulsadas por su misión y por el siguiente enunciado: “Nuestro trabajo hace énfasis en aumentar la competitividad de la compañía a través de:

1. Mejoras en el nivel de servicio que se ofrece, a nuestros clientes
2. Mejoras en la calidad de nuestros productos
3. Mejoras en la productividad

La reducción de contingencias futuras relacionadas con el medio ambiente y la sociedad civil.” (Plycem, s.f)

6.8 Productos

6.8.1 Materia prima

Plycem requiere para su fabricación de diferentes materiales, como lo son: cartón, papel periódico, sulfato de aluminio, cemento y caliza. Los proveedores de estos componentes son:

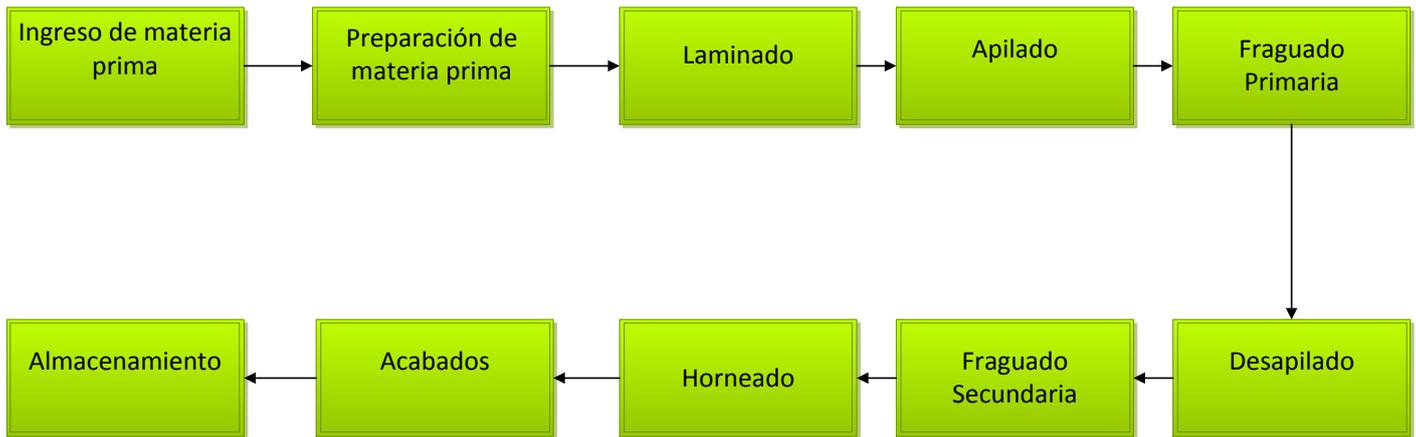
Industria Nacional de Cemento INCSA, ubicada en Agua Caliente de Cartago, la cual, distribuye cemento a granel y en saco. El cemento que se utiliza en el proceso es diferente al de uso convencional. (Plycem, s.f)

- Corrugados del Guarco, ubicada en el Parque Industrial de Cartago, distribuye cartón.
- Envaco, ubicada en Limón, distribuye cartón.
- Sr. Erick Jiménez, que se encarga de suministrar periódico a la empresa.
- Carboazul, ubicada en Turrialba, la cual, suministra carbonato de calcio en saco y a granel.
- Metal-química, empresa ubicada en Panamá, distribuye sulfato de aluminio.
- El periódico también, se recibe por medio de campañas de reciclaje y de diferentes proveedores nacionales.

6.8.2 Descripción del proceso productivo.

En el proceso de manufactura del Plycem se distinguen tres áreas principales, las cuales, tienen el siguiente orden: Materia Prima, Producción Primaria y Producción Secundaria. (Plycem, s.f)

Ilustración 4. Flujograma del proceso de fabricación de productos de fibrocemento.



Fuente: MS Visio, elaboración propia.

6.8.2.1 Bodega de Materia Prima

Se encarga de recibir y almacenar los materiales necesarios para la fabricación de las láminas de fibrocemento, estos productos son: cartón, papel periódico, sulfato de aluminio, cemento y caliza. Además, se encarga del control de la descarga del cemento y la caliza a granel en los respectivos silos. A todas las materias primas que se practican las pruebas de calidad necesarias para garantizar la calidad del producto final. Si alguna de las materias primas no cumple con los estándares establecidos se procede a su devolución. (Plycem, s.f)

6.8.3 Producción Primaria

6.8.3.1 Área de fibras

El Área de Fibras es donde se prepara la celulosa que se va a necesitar para la fabricación de la lámina. Aquí se mezclan: cartón, periódico, agua y sulfato de aluminio. Todo el proceso es automatizado.

En esta etapa, el cartón y el papel periódico se colocan en carretas por medio de, las cuales, se suben hacia las puertas de un desfibrador (tanque especializado) llamado Pulper, donde caen y se adiciona una sustancia líquida formada por agua y sedimentos provenientes del proceso. De ahí pasa, por medio de la tubería, hacia otro tanque llamado Tina uno (son cuatro), que almacena temporalmente, la mezcla antes de pasarla por medio de un separador de pesados que elimina cualquier pieza de aluminio o hierro que se encuentre en la mezcla (clavos, arandelas, grapas, etc.), y un separador de livianos que quita los residuos como plásticos, mecates y goma producida por cartón, de forma tal que no existan contaminantes en la mezcla.

De los separadores, pasa a la Tina dos, y espera a que las Tinas tres y cuatro requieran material. Antes que la mezcla pase a alguna de estas tinas, recorre por un refinador, al que se le llama Deflaker, de manera que se proporciona más fineza a la fibra. De ahí sale a los dosificadores de celulosa de cada una de las máquinas. (Plycem, s.f)

6.8.3.2 Área de Preparación Fraccionada

En esta parte del proceso, participa un tanque al que se le denomina IMI. A este tanque llega el cemento, caliza y agua con sedimentos en suspensión provenientes del proceso. Esta mezcla es llevada por medio de tuberías a otro tanque llamado GEMI 1, donde se agregan otros componentes: celulosa proveniente del área de fibras, espuma de un cono diseñado para esa función (CONO 1), agua proveniente del mismo proceso (CONO 2) y pasta de recortes reprocesados (DISOLUTOR). Una vez lista la pasta, ésta circula, por un sistema de tuberías al GEMI 2, (también, llamado HOMO), donde se mantiene circulando hasta la siguiente fase. (Plycem, s.f)

6.8.3.3 Área de formación de lámina.

La pasta proveniente del HOMO, es llevada hasta la caja Flow-On, donde se homogeniza antes de pasar al proceso de formación de la lámina. En el proceso de formación de la lámina, la mezcla se vierte sobre una banda de fieltro que la transporta hasta un cilindro formador al que se van adhiriendo las capas de la mezcla hasta completar el espesor que se requiera. (Plycem, s.f)

6.8.3.4 Área de corte.

Una vez formada la lámina se cortan según, las medidas establecidas. Al salir del formador se monta sobre una banda transportadora que la hace pasar por una sierra de corte longitudinal y luego a una apiladora donde se produce un corte transversal, una vez que las láminas se apilan por lotes en diferentes carretas ocurre a la siguiente fase del proceso. (Plycem, s.f)

6.8.3.5 Cámara de fragua primaria.

Cuando las láminas han sido apiladas por lotes en la carretas, entran en la cámara de fragua primaria, como su nombre lo indica, aquí se fragua la lámina. Cada carro tarda entre ocho y nueve horas. El calor que se utiliza en el proceso de fragua se obtiene del vapor producido de las calderas. (Plycem, s.f)

6.8.4 Producción de Secundaria

6.8.4.1 Cámara de fragua secundaria.

Cuando termina el proceso de fragua primaria, las láminas se desapilan y se introducen en la cámara de fragua secundaria, donde permanecen por los menos siete días. La cámara trabaja con base en la humedad que se inyecta por medio de boquillas. Uno de los aspectos interesantes de esta etapa es que se genera vapor debido a las reacciones químicas que se producen en el proceso de fragua, de ahí que esta cámara también, esté cubierta con aislante térmico. (Plycem, s.f)

6.8.4.2 Área de hornos.

Después, de la fragua sigue el proceso de secado, el cual, se efectúa en hornos. Dentro de los hornos existen tres secciones:

- La sección de presecado
- La sección de secado
- La sección de post-secado

La temperatura describe una gráfica normal, teniendo su punto de mayor valor en la sección de secado. Este paso tiene dos objetivos principales: se elimina la humedad de los procesos anteriores y permite que se dé la formación del carbonato de calcio por medio de la carbonatación. (Plycem, s.f)

6.8.4.3 Área de acabados

Cuando las láminas salen del proceso de secado, pasan al área de sierras, aquí se da la medida exacta, también, se práctica un proceso de inspección para separar las láminas defectuosas, así como el producto que se destina para consumo nacional y exportación. Del Área de Sierras pasan a la bodega de producto terminado o al área de lijado, ranurado, moldurado y/o impregnación Esto con el fin de producir las diferentes presentaciones del fibrocemento. (Plycem, s.f)

6.8.5 Presentaciones del fibrocemento de Plycem.

El proceso productivo que se cumple en Plycem da como resultado una variedad de presentaciones de fibrocemento que permite la utilización de este material en pisos, paredes, techos y acabados. (Plycem, s.f)

A continuación una breve descripción de los productos de acuerdo con su posible utilización.

6.8.5.1 Piso

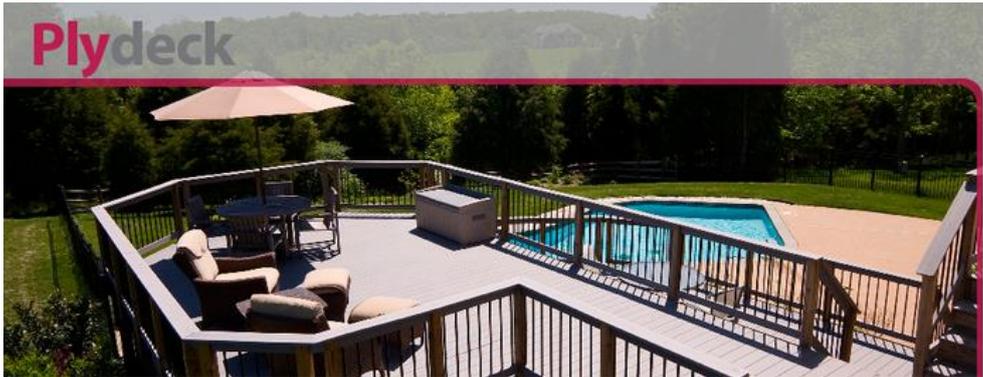
6.8.5.1.1 Plystone

Producto de alto espesor diseñado con características especiales para satisfacer los parámetros técnicos más exigentes, y proporciona un alto nivel de durabilidad y seguridad en las construcciones. Si se usa como entepiso, se instala, de forma práctica cualquier tipo de piso o bien usarlo como base de techo de proyectos residenciales, industriales y comerciales. (Plycem, s.f)

6.8.5.1.2 Plydeck.

Plydeck de Plycem le ofrece el atractivo y modularidad de la tradicional madera con los amplios beneficios del fibrocemento Plycem, y contribuye responsablemente con el medio ambiente. (Plycem, s.f)

Ilustración 5.Utilización de Plydeck



Fuente: Plycem, s.f.

6.8.5.2 Paredes.

6.8.5.2.1 Plyrock

Este novedoso sistema de lámina de fibrocemento, malla y revestimiento diseñado para lograr paredes externas o internas totalmente lisas, sin fisuras y además, no se deshace. Para garantizar el resultado, utilice el sistema completo Plyrock de Plycem, incluyendo el revestimiento gris o en presentación de diversos colores.

6.8.5.2.2 Siding.

Tablillas individuales de fibrocemento reforzado que cumplen con los requisitos de resistencia, seguridad y durabilidad exigidos en la construcción residencial, comercial o industrial. Son ideales para paredes internas o externas que requieren un acabado único con apariencia lisa o estilo madera. (Plycem, s.f)

Ilustración 6. Aplicación de siding de Plycem.



Fuente: Plycem, s.f.

6.8.5.2.3 Tabla Tek

Lámina de fibrocemento con relieve tipo tablilla que brinda gran elegancia y genera ahorro en el tiempo de instalación. Este producto ofrece el envidiable acabado de la tablilla de madera, pero, que es resistente a las plagas, a la humedad, a los hongos y es incombustible. (Plycem, s.f)

6.8.5.3 Cielo raso.

6.8.5.3.1 Fibrocel.

Completa línea de cielos rasos de fibrocemento especialmente diseñados para satisfacer los gustos más variados. Por sus características técnicas son usados en aplicaciones residenciales, industriales o comerciales; y dependiendo de la presentación, es usado como cielo raso suspendido o anclado. Producto incombustible, resistente a la humedad y a los hongos. (Plycem, s.f)

6.8.5.3.2 Fibrolit

Lámina multiuso que se adapta fácilmente, a las necesidades constructivas de forma rápida y sin complicaciones. Ofrece alta durabilidad, es incombustible, es resistente a plagas y hongos. Se trabaja de manera sencilla y su peso la hace muy manipulable. (Plycem, s.f)

7. Marco teórico.

7.1 Software de Gestión SAP

Desarrollado por: SAP AG

País: Alemania

Web: www.sap.com



Se estima que SAP PM es el CMMS (Software de Gestión de Mantenimiento Computarizado) más utilizado del mundo. Su punto fuerte es la capacidad de integración total con el resto del paquete SAP, con el cual, se controla todas las operaciones de una compañía (finanzas, logística, planificación, contabilidad, etc.). El SAP es el primer proveedor de software empresarial en el mundo, con enfoque en la planificación de recursos empresariales. Abarca todo tipo de sectores y empresas de cualquier tamaño. Entre las aplicaciones que ofrece está la de PM, especialidad de Mantenimiento.

El módulo PM se encarga del mantenimiento complejo de los sistemas de control de plantas. Incluye soporte para disponer de representaciones gráficas de las plantas de producción y se conecta con sistemas de información geográfica (GIS), y contener diagramas detallados. Posee la capacidad de gestión de problemas operativos y de mantenimiento de los equipos, de los costes y de las solicitudes de compras.

Su completo sistema de información permite identificar rápidamente, los puntos débiles y planificar el mantenimiento preventivo. Los submódulos o componentes del sistema PM son los siguientes:

- PM-EQM Equipos y objetos técnicos.
- PM-PRM Mantenimiento preventivo.
- PM-PRO Proyectos de mantenimiento.
- PM-IS Sistema de información de PM.

PM-SM Gestión de servicios, encargado del control y gestión de servicios a los clientes que constituyen un módulo propio. Entre sus funciones se encuentran la administración de la base instalada, gestión de peticiones de servicio, acuerdos y garantías, e incluso facturación periódica. (SAP,s.f.)

7.2 Principio de Pareto

7.2.1 Historia de Pareto

En 1941 Joseph Moses Juran, un consultor de gestión del siglo XX, reconocido como un experto de la gestión de calidad y confección de algunos libros relacionados con el tema, fue quien descubrió la obra de Vilfredo Pareto quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual, descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Así pues el nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor Vilfredo Pareto.

El Señor Juran amplió la aplicación del principio de Pareto a cuestiones de calidad obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según la cual, si se tiene un problema con varias causas, se puede decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema. (Fernández, 1999)

Características principales del diagrama de Pareto:

- **Priorización:** Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.
- **Carácter objetivo:** Su utilización obliga al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos
- **Unificación de criterios:** Enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.

7.2.2 Análisis y generalidades del Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discernir entre las causas más importantes de un problema. El Análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos y factores según, su impacto a un determinado efecto, al realizar dicha comparación se pretende realizar una clasificación en dos categorías:

- Las Pocos Vitales, que son los elementos de mayor importancia en la contribución al efecto.
- Los Muchos Triviales, son los elementos poco importantes en la contribución al efecto.

El Diagrama de Pareto está constituido de un gráfico de barras que se complementa con una ojiva o curva de tipo creciente y que representa en forma decreciente el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores que afectan a un proceso, ilustrando las causas de los problemas por orden de importancia y frecuencia de aparición, se trata de calificar los problemas o causas en vitales y triviales y a partir de su clasificación realizar su análisis.

La mayor cantidad de los problemas; son producto de un número pequeño de causas, que es lo que interesa descubrir y eliminar para lograr un gran efecto de mejora, a estas pocas causas que son las responsables de la mayor parte del problema se conoce como causas vitales.

Respecto a las causas triviales aunque no aporten un valor a la mejora, no significan que se deban dejar de lado o ignorarlas por completo, se trata de ir eliminando en forma progresiva las causas vitales, una vez excluidas estas, es posible que las causas triviales se lleguen a transformar en vitales.

La gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero, poderosa al permitir identificar visualmente, en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción de mejora sin malgastar esfuerzos ,ya que, con el análisis descartamos las mayorías triviales.

Casos en los que es útil el Diagrama de Pareto:

- Para identificar oportunidades de mejora.
- Para identificar un producto o servicio para el análisis de mejora de la calidad.
- Para evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- Cuando se quiere identificar las causas principales de los problemas y establecer prioridades para resolverlos.

Para comunicar fácilmente, a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores. (Fernández, 1999)

7.2.3 Tipos de Diagramas de Pareto

Existen dos tipos de diagramas de Pareto:

Diagramas de fenómenos. Se utilizan para determinar cuál es el principal problema que origina el resultado no deseado. Estos inconvenientes pueden ser de calidad, coste, entrega, seguridad u otros. (Fernández, 1999)

Diagramas de causas. Se emplean para, una vez encontrados los problemas importantes, descubrir cuáles, son las causas más relevantes que los producen. (Fernández, 1999)

7.2.4 Propósitos generales del diagrama de Pareto.

- Analizar las causas.
- Estudiar los resultados.
- Planear una mejora continua

7.2.5 Ventajas y desventajas del Diagrama de Pareto.

Ventajas (Fernández, 1999)

- Ayuda a priorizar y a señalar la importancia de cada una de las áreas de oportunidad.
- Se aplica en todas las situaciones en donde se pretende efectuar una mejora, en cualquiera de los componentes de la calidad total: la calidad del producto/servicio, costos, entrega, seguridad, y moral.
- Promueve el trabajo en equipo, ya que, se requiere la participación de todos los individuos relacionados con el área para analizar el problema, obtener información y llevar a cabo acciones para su solución.
- El Diagrama de Pareto se utiliza también, para expresar los costos que significan cada tipo de defecto y los ahorros logrados mediante el efecto correctivo llevado a cabo a través de determinadas acciones.

Desventajas (Fernández, 1999)

- En el gráfico es probable que aparezcan barras de la misma altura o que se requiera más de la mitad de las categorías para obtener más del 60% del efecto.
- Para la selección, confiabilidad y consistencia de las categorías depende de la experiencia de los encargados del proyecto.

7.2.6. Pasos para la implementación de un Diagrama de Pareto

Paso 1: Identificar el Problema: Identificar el problema o área de mejora en la que se va a trabajar

Paso 2: Identificar los factores: Elaborar una lista de los factores que están incidiendo en el problema, por ejemplo, tipos de fallas, características de comportamiento, tiempos de entrega.

Paso 3: Definir el período de recolección: Establecer el tiempo dentro del cual se recolectaran los datos: días, semanas, meses.

Paso 4: Recolección de Datos

Consiste en recoger los datos correctos o asegurarse de que los existentes lo son. Para la construcción de un Diagrama de Pareto son necesarios:

- a. Un efecto cuantificado y medible sobre el que se quiere priorizar (costes, tiempo, número de errores o defectos, porcentaje de clientes, otros).
- b. Una lista completa de elementos o factores que contribuyen a dicho efecto (tipos de fallos o errores, pasos de un proceso, tipos de problemas, productos, servicios, otros).

Es importante, identificar todos los posibles elementos de contribución al efecto antes de empezar la recogida de datos. Esta condición evitará que, al final del análisis, la categoría "Varios" resulte ser una de las incluidas en los "Pocos Vitales". Las herramientas de calidad más útiles para obtener esta lista son: la tormenta de Ideas, el diagrama de flujo, el diagrama de causa-efecto y sus similares, o los propios datos. (Fernández, 1999)

- c. La magnitud de la contribución de cada elemento o factor al efecto total.

Estos datos, bien existan o bien haya que recogerlos, son: objetivos, basados en hechos, no en opiniones, consistentes, debe utilizarse la misma medida para todos

los elementos contribuyentes y los mismos supuestos y cálculos a lo largo del estudio ya que,, el análisis de Pareto es un análisis de comparación.

Paso 5: Ordenar los Datos

Ordenar dichos elementos de mayor a menor frecuencia.

Paso 6: Calcular el porcentaje y el porcentaje acumulado, para cada elemento de la lista ordenada.

Ecuación 1. Calculo de porcentaje relativo.

$$\text{Porcentaje relativo} = \frac{\text{FRECUANCIA DE LA CAUSA}}{\text{TOTAL DE FRECUANCIAS}} \times 100$$

Calcular el porcentaje relativo acumulado, sumando en forma consecutiva los porcentajes de cada factor. Con esta información se señala el porcentaje de veces que se presenta el problema y que se eliminaría si se realizan acciones efectivas que supriman las causas principales del problema.

Paso 7: Dibujar el Diagrama de Pareto

Identificar los ejes: en el eje horizontal se anotan los factores de izquierda a derecha, en orden decreciente en cuanto a su frecuencia. El eje vertical izquierdo se gradúa de forma tal que, sirva para mostrar el número de datos observados (la frecuencia de cada factor), el eje vertical derecho mostrara el porcentaje relativo acumulado.

Dibujar las barras: Trazar las barras o rectángulos correspondientes a los distintos factores. La altura de las barras representa el número de veces que se presenta el factor, se dibujan con la misma amplitud, unas tras otras.

Graficar los porcentajes: Colocar los puntos que representan el porcentaje relativo acumulado, tomando en cuenta la graduación de la barra vertical derecha; los puntos se colocan partiendo desde el origen y después, en la posición que corresponde al extremo derecho de cada barra, y se traza una curva que una dichos puntos. En esta forma queda graficada la curva del porcentaje relativo.

Paso 8: Señalar los elementos Pocos Vitales y los Muchos Triviales

Trazar una línea vertical que separa el Diagrama en dos partes y sirve para visualizar la frontera entre los Pocos Vitales y los Muchos Triviales, basándonos en el cambio de inclinación entre los segmentos lineales correspondientes a cada elemento.

Paso 9: Analizar diagrama de Pareto. (Fernández, 1999)

7.3 Mantenimiento Centrado en la confiabilidad.

El RCM (Reliability Centred Maintenance) es un método estructurado, deductivo y participativo que define la estrategia de mantenimiento más apropiada para cada equipo actuando en su contexto operacional real. Una estrategia apropiada es un conjunto de tareas capaz de evitar que sucedan modos de falla o reducir drásticamente, sus consecuencias de manera eficiente. Esta técnica establece cuándo una tarea es posible desde el punto de vista técnico y cuándo es económicamente, viable para un horizonte de validez definido. La eficacia y eficiencia de los planes de mantenimiento de cualquier máquina, mejorar significativamente, con esta herramienta de decisión.

Otro aspecto significativo es que aunque las empresas cuenten con un personal altamente capacitado para resolver problemas, carecen de práctica para aplicar herramientas que integran los conocimientos dispersos en las mentes de los colaboradores. Sólo una integración verdadera del conocimiento reduce el riesgo de falla y los costos de mantenimiento.

Este proceso de análisis convoca (formando grupos de trabajo) a los técnicos y operadores que más conocen el equipo analizado y aprovecha de ellos su experiencia. Su participación conjunta permite plantear hipótesis válidas sobre los mecanismos progresivos de falla. El RCM agrupa y consolida el saber de la gente. Hacer RCM, e implementar sus recomendaciones, es alinear al mantenimiento con las metas del negocio.

El investigador, John Moubray señala que :**"Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual"**. (pág 7)

Con las definiciones anteriores queda claro que se trata de un proceso sistémico de análisis cuya finalidad es desarrollar las bases técnicas del mantenimiento que orienten los esfuerzos en aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas productivos y, por ende, la seguridad del negocio. El RCM prioriza el análisis para aquellos modos de falla cuyas consecuencias afectan la seguridad de las personas o al medio ambiente. Hay un tratamiento especial para estos casos, y se proponen alternativas que reducen el riesgo de accidente y aseguran un desarrollo sustentable Es un proceso de mejora de carácter pro-activo, porque no es preciso que sucedan fallas para empezar a prevenirlas

7.4 Reseña Histórica.

La metodología RCM surge como una adaptación a la industria, desde el ámbito aeronáutico. Durante la década de 1960 los operadores aéreos sumaron esfuerzos para reducir los costos en mantenimiento de las flotas pero principalmente, para reducir el riesgo de accidentes que, por entonces, era mayor que el actual. Esto motivó la creación de grupos de análisis y mejora conocidos como MSG (Grupo de Dirección del Mantenimiento) integrados por personal altamente, calificado (operadores, mantenedores y proveedores aeronáuticos). El resultado reveló una gran carga de mantenimiento preventivo, aunque sólo unos pocos componentes obedecían al patrón de fallas de la curva de bañera. (Pistarelli, 2010).

Sin embargo, los primeros antecedentes filosóficos datan de un documento publicado en 1978 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y escrito por F.S. Nowlan y H.F.Heap. A través de los años estas ideas innovadoras se fueron mejorando y adaptando a distintas aplicaciones hasta convertirse en lo que se conoce como RCM. Los resultados fueron tan alentadores que en este momento, se aplica con éxito en sectores tales como la industria nuclear, militar, petróleo, transporte, minería, manufactura, servicios, etc (Pistarelli, 2010).

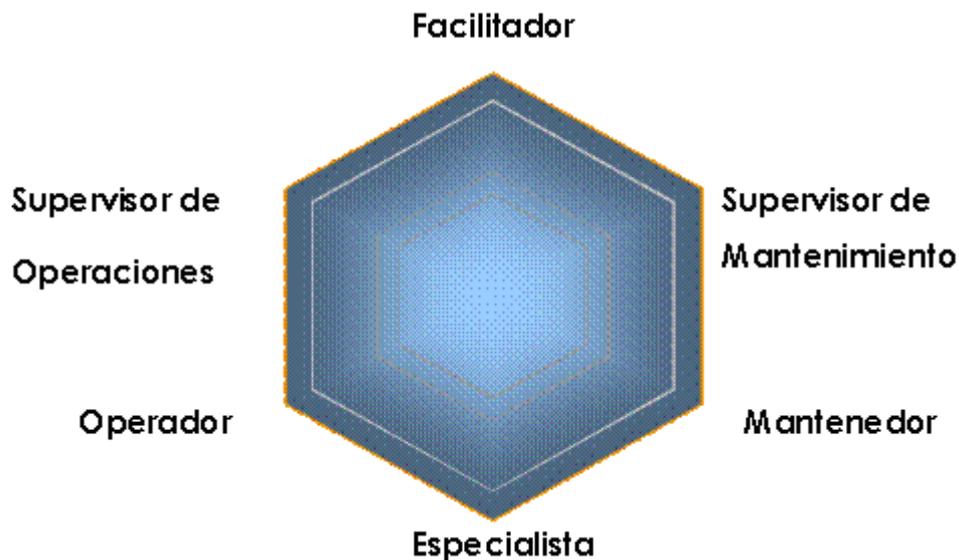
En lo que respecta al sector aeronáutico, el método culminó con el documento MSG-3 publicado en 1980 en Estados Unidos. Este documento es la base científica para establecer los programas de mantenimiento programado de los nuevos aviones comerciales.

Un proceso sistemático de análisis y decisión puede llamarse RCM sólo si satisface las normas internacionales SAE JA 1011 "*Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes*" y SAE JA1012 "*A Guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM)*" (Pistarelli, 2010).

7.5 Grupos de revisión.

Para formar un grupo de análisis RCM se recurren a las personas que más conocen la máquina. Éstos son operadores, técnicos, supervisores de producción y mantenimiento, lubricadores, proveedores, especialistas en seguridad e higiene, etc. La experiencia y conocimiento de los analistas es esencial para el éxito del proceso. La conformación típica de un grupo de revisión RCM se muestra en la ilustración siete .

Ilustración 7. Grupo típico de revisión RCM.



Fuente:(Moubray, 1997).

En el grupo de revisión de RCM el facilitador se encarga de asegurarse que:

- El RCM se lleve a cabo a un nivel correcto, no pasa por alto los ítems importantes y los resultados del análisis se deben de registrar.
- Es obligatorio, entender y aplicar correctamente, el RCM por cada uno de los miembros del grupo.
- El grupo tiene que llegar a un consenso en forma rápida y ordenada, manejando el entusiasmo individual de los miembros.

7.6 Pasos de un análisis de RCM.

Como regla general, el RCM busca responder (7) preguntas fundamentales ver (tabla 2) para obtener los datos que se necesitan para elaborar la hoja de información en donde se recopilan las respuestas para cada pregunta.

Tabla 2. Modelo de las 7 preguntas y etapas del RCM.

Pregunta	Descripción	Tópico/Paso	Mayor aporte, aunque no único.
1	¿Cuáles son las funciones del sistema?	Funciones	Operación
2	¿De qué forma no se cumplen las funciones?	Fallas funcionales	Mantenimiento
3	¿Cuáles son las causas que provocan las fallas funcionales?	Modos de falla	Mantenimiento
4	¿Qué sucede cuando ocurre cada modo de falla?	Efectos	Operación
5	¿Qué consecuencias provoca cada modo de falla?	Consecuencias	Operación
6	¿Qué se puede hacer para evitar, predecir o detectar cada modo de falla?	Acciones proactivas	Mantenimiento
7	¿Cómo proceder si no es posible evitar, predecir o detectar el modo de falla?	Acciones reactivas	Mantenimiento

Fuente : (Pistarelli, 2010)

La hoja de información utilizada es una modificación a la de, Ing. Jorge Valverde Vega, profesor del Instituto Tecnológico de Costa Rica, mostrada en el Anexo1.

En las siguientes secciones de este documento se explica, cómo se deben de responder cada una de las preguntadas mencionadas en la Tabla dos. Esto se hace con el fin de recolectar cada respuesta en la hoja de información.

7.7. Funciones.

Cuando se tiene que definir una función para un objeto de RCM se requiere de un estudio detallado del contexto operacional que lo rige. El estudio del contexto operacional permitirá que la función este directamente relacionada con lo que el proceso productivo requiere.

El estudioso, John Moubray apunta que : **“La definición de una función consiste en un verbo, objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario”**. (pág. 23)

Todo activo tiene más de una función, por lo general se tienen varias. Si el objetivo del mantenimiento es asegurarse que se continúen realizando estas funciones, entonces todas ellas son identificadas junto con los parámetros de funcionamiento deseados.

Las funciones se dividen en dos tipos: funciones primarias y funciones secundarias.

1. Funciones primarias: son la razón principal, por la cual, se adquirió el activo, es por esto que el desafío real es definir las expectativas de funcionamiento. Para la mayoría de los equipos los parámetros como: velocidad, volumen y capacidad de almacenamiento van asociados a las funciones principales. Sin embargo, en esta etapa no se puede dejar de lado la calidad del producto.
2. Funciones secundarias: algunos de los activos físicos cumplen una o más funciones adicionales además, de la primaria. Estas se conocen como funciones secundarias. Las funciones secundarias se dividen en siete categorías de la siguiente manera: ecología-integridad ambiental, seguridad/ Integridad estructural, control/contención/ confort, apariencia, protección, eficiencia/economía, funciones superfluas.

Aunque las funciones secundarias sean menos obvias que las primarias, la pérdida de una función secundaria tiene serias consecuencias, a veces hasta más graves que la pérdida de una función primaria.

¿Cómo se deberían de listar las funciones?

Como se indicó anteriormente, una función, cuantificada, para definir con precisión los objetivos de desempeño. Las funciones es necesario, se encuentre bien se listan en la columna izquierda de la hoja de RCM. Primero se listan las funciones primarias, y se numeran como lo muestra la ilustración ocho.

Ilustración 7. Listado de funciones para hoja de información de RCM.

FUNCIONES	
1	

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

7.8 Fallas Funcionales.

De acuerdo con el autor, John Moubray define falla como “ **Incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga**”(pág 49).

Este concepto se aplica al activo como un todo. Y la falla funcional es: “ **Incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según, un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario**”(Moubray,1997).

Las fallas funcionales se clasifican de la siguiente manera:

-Falla total y parcial: la falla total es la pérdida total de la función y la parcial se da cuando el activo funciona, pero, fuera de los límites de admisibles.

-Límites superiores e inferiores: esta falla se da cuando algunas funciones incorporan límites superiores y dicho artículo supera el límite superior o están por debajo del límite inferior.

-Instrumentos de medición e indicadores: Lo límites superior e inferior también, se aplican a los estándares de funcionamientos de medidores, indicadores, sistemas de control y protección. Dependiendo del modo, de falla y sus consecuencias asimismo, es necesario tratar sus límites, por separado, en el momento que se listan las funciones.

-Contexto operacional: la definición exacta de falla para cualquier activo depende en gran parte de su contexto operacional, esto significa que de la misma manera no se generaliza acerca de funciones de activos idénticos, igualmente hay que tener cuidado en no sistematizar acerca de sus fallas funcionales.

Las fallas funcionales se escriben en la segunda columna de la hoja de trabajo y éstas deben de ser codificadas alfabéticamente, como se muestra en la ilustración nueve.

Ilustración 8. Listado de fallas funcionales para hoja de información RCM.

FUNCIONES		FALLAS FUNCIONALES	
1		A	

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

7.9 Modos de falla.

El autor, Moubray define que: **“Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional”**.(pág 56)

Es incorrecto expresar que solo se considera los modos de falla por deterioro e ignorarse otras categorías de modos de falla (como errores humanos y de diseño).

Si se acepta, la idea de que mantenimiento significa asegurarse de que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga, es pertinente, realizar un programa de mantenimiento global que tome en cuenta todos los eventos que tienen posibilidad de amenazar esa funcionalidad.

Los modos de fallas tienen distintas categorías tales como:

-Capacidad decreciente: ésta se da cuando la capacidad existe por arriba del funcionamiento deseado, pero luego decae cuando el activo físico es puesto en servicio, quedando por debajo del funcionamiento deseado. Las causas de pérdida de capacidad son: deterioro, fallas de lubricación, polvo suciedad, desarme y errores humanos que reducen la capacidad. (Moubray, 1997)

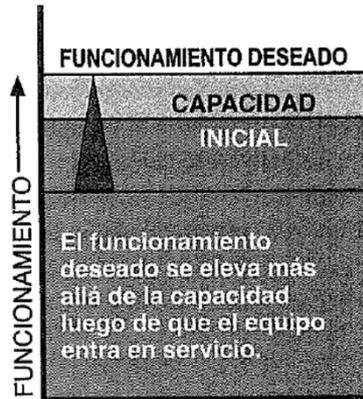
Ilustración 9. Modos de falla, Categoría Capacidad decreciente.



Fuente: Moubray, 1997.

-Aumento del esfuerzo aplicado: esta categoría de modo de falla ocurre cuando el funcionamiento deseado está dentro de la capacidad del activo físico cuando es puesto en servicio, pero, luego aumenta hasta quedar fuera de su capacidad.

Ilustración 10. Modos de falla, Categoría Aumento del esfuerzo aplicado.



Fuente: Moubray, 1997.

-Capacidad inicial: este tipo de categoría se produce cuando el funcionamiento deseado del activo está fuera del rango de capacidad inicial desde el comienzo.

Ilustración 11. . Modos de falla, Categoría Capacidad Inicial.



Fuente: Moubray, 1997.

El poco detalle hace que el análisis sea superficial y peligroso. En cambio el detalle excesivo hace que el proceso tome dos y hasta tres veces más tiempo que el necesario, es por esto que es necesario obtener un equilibrio entre el poco detalle y el excesivo. Este autor, Moubray define el detalle de los modos de falla de la siguiente forma: **“Los modos de fallas deben de ser definidos con el detalle suficiente como para posibilitar la selección de una adecuada política de a de falla”.** (pág 68)

De manera que, antes de explicar la hoja, cómo se llena correctamente, la información, es importante, conocer cómo se redactan los modos de falla. Una manera es incluir un objeto (parte o elemento), un participativo pasivo o un adjetivo que califiquen el estado de deterioro del elemento y en, algunos casos, la situación de falla. Por ejemplo: rodamiento engranado, luz quemada. Del mismo modo, se acepta la siguiente modalidad: se engrana rodamiento, se quema luz.

Solo se deben listar los modos de falla que tienen posibilidades razonables de ocurrir. Para el formato de la hoja de información (Apéndice 1), se extrae una parte de la columnas de la hoja de información (ilustración 13) para realizar la explicación de cómo se deben de listar las subpartes, modos de falla y causas.

Ilustración 12. Listado de Subpartes, Modos de falla, Causas para la hoja de información.

FUNCIONES		FALLAS FUNCIONALES		SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS
1		A			1		

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Las subpartes se listan en la tercera columna para cada uno de los modos de falla. Los modos de falla se enumeran debajo de la cuarta columna conforme se va llenando la hoja de información. Después, que se indica el modo de falla, se busca la causa raíz del modo de falla, las causas se colocan en la quinta columna como se observa en la ilustración 13.

7.10 Efectos de los fallos.

Los efectos de falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla. Es importante, saber que un efecto responde a la pregunta ¿Qué ocurre?, mientras que una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿Qué importancia tiene?. La descripción de los efectos de falla incluye la información necesaria para ayudar a la evaluación de las consecuencias de las fallas. (Moubray, 1997)

Para describir los efectos de una falla, se indica, lo siguiente:

- La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla.
- Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- Las maneras (si las hubiera) en que afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- ¿Qué debe de hacerse para reparar una falla?

En la primera columna de efectos se pone un número de consecutivo, luego en la segunda columna se hace para incluir las consecuencias de los fallos que se describen en el apartado siguiente, en la tercera columna se crea una descripción del efecto.

Ilustración 13. Listado de efectos para hoja de información RCM.

FUNCIONES		FALLAS FUNCIONALES		SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS	EFECTOS		
1		A			1			1	3	

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

7.11 Consecuencia de los fallos

En el apartado anterior se determina que en la segunda columna de los efectos se incluye las consecuencias de los fallos, éstas se clasifican según, la valoración del impacto que se tenga en las áreas de: seguridad, ambiente, eficiencia de la producción, pérdidas de producto, calidad del producto y la propia máquina. Para cada una de estas clasificaciones se sigue una numeración la cual se muestra en la tabla tres.

Tabla 3. Clasificación según tipo de efecto.

Tipos de efecto	
1	La seguridad de las personas
2	El medio ambiente
3	La eficiencia de la producción
4	Las pérdidas del producto
5	La calidad del producto
6	La propia máquina

Fuente: folleto de administración de mantenimiento del Ing. Jorge Valverde V.

7.12 Nivel de prioridad de riesgo.

El número de prioridad de riesgo (NPR) es una herramienta muy interesante para determinar las acciones prioritarias dentro de un conjunto. Por supuesto, esta herramienta es muy útil para determinar las acciones a realizar en mantenimiento.

El NPR se apoya en el llamado método GOD (SOD según, definiciones), el cual separa las diferentes acciones a realizar de acuerdo, a su Gravedad (Severidad), frecuencia y posibilidad de no detección.

A estas tres variables se da una escala de valores del 1 al 10 como se observan en las tablas adjuntas.

Tabla 4. Escala de valores para definir la gravedad.

Irrelevante	1	Ínfima
	2	
Sin Paro	3	Tolerable
	4	
Paro Máquina no línea	5	Moderado
	6	
	7	
Paro línea	8	Importante
	9	
Paro Fábrica	10	Crítico

Fuente: Plycem Construsistemas, s.f.

Tabla 5. Escala de valores para definir la frecuencia.

Más de una al año	1	Muy Raro
1 al semestre	2	Raro
1 al trimestre	3	Poco
	4	
1 al mes	5	Frecuente
	6	
1 a la quincena	7	Muy Frecuente
1 a la semana	8	Habitual
	9	
1 vez por turno	10	Muy Habitual

Fuente: Plycem Construsistemas, s.f.

Tabla 6. Escala de valores para definir la probabilidad de no detección.

Simple vista Personal no calificado	1	Ínfima
	2	
Simple vista – Personal calificado	3	Baja
	4	
Operario de la máquina	5	Media
	6	
Personal de Mantenimiento	7	Elevada
	8	
	9	
Falla oculta	10	Muy elevada

Fuente: Plycem Construsistemas, s.f.

El NPR es el producto de los tres conceptos valorados en cada una de las tablas anteriores.

$NPR = \text{Gravedad} \times \text{Frecuencia} \times \text{Probabilidad no detección.}$

¿Cómo se define estos valores?

Gravedad: dependerá de varios puntos de vista. Del punto de vista Económico, de Seguridad, de Medioambiente, de Calidad o de Producción. Es decir, un equipo puede funcionar bien, pero se convierte en un riesgo para la seguridad de los trabajadores, o logra fabricar el producto con los estándares de calidad o no cumplir las capacidades necesarias de producción.

Frecuencia: dependerá de nuestra experiencia con el equipo en cuestión y con el elemento de este equipo a valorar.

Probabilidad de detección: es un valor estimativo en función de nuestra experiencia con el equipo y donde esté instalado en nuestra industria.

Ya por haberse definido los factores del NPR, se procede a rellenar cada uno de los cuadros (ilustración 15) en la hoja de información con los datos que se obtienen.

Ilustración 14. Factores para obtener el NPR

	Gravedad
	Frecuencia
	<u>Prob.NO Detección</u>
	NPR

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

7.13 Acciones proactivas y reactivas.

Después de completar los factores y el NPR se continua con la columna de las acciones proactivas se continua el diagrama de decisión del apéndice uno. Antes de explicar cómo se completan los cuadros faltantes en la hoja de RCM se definirán los siguientes conceptos:

Acciones reactivas: una acción reactiva supone tomar alguna medida para restablecer las funciones originales que se perdieron como consecuencia de un evento inesperado (falla funcional imprevista). Si se trata de una emergencia, la programación casi no existe o, sencillamente, es improvisada.

También, ocurre que sea necesario tomar alguna medida restaurativa luego de detectar un desvío (falla incipiente) en los parámetros del equipo o proceso, ante el desvío detectado se reacciona con más tiempo para la programación de un mantenimiento.

Finalmente, en algunas oportunidades se hace imprescindible efectuar modificaciones, mejoras rediseños, ya sea, por razones de mantenibilidad, seguridad, proceso o capacidad (prestación deseada). Las acciones reactivas no forman parte del plan de mantenimiento, sin embargo, son parte de la planificación y programación del área. (Pistarelli, 2010)

Ejemplos de acciones reactivas: mantenimiento correctivo, mantenimiento restaurativo y optimizado.

Acciones proactivas: los planes de mantenimiento están constituidos por acciones del tipo Pro-activas. Tienen como objetivo impedir que se manifiesten los modos de falla, que no ocurran tan a menudo o minimizar sus consecuencias. Las áreas de mantenimiento manejan modos de falla tanto durante acciones Reactivas como Proactivas. Sin lugar a dudas, gestionar un evento (modo de falla) antes que suceda, significa llevar acciones proactivas. (Pistarelli, 2010)

Ejemplos de acciones proactivas: mantenimiento preventivo, predictivo, proactivo, mantenimiento defectivo, mantenimiento previsorio, cambios en el procedimiento de operación y cambios en el procedimiento de mantenimiento.

Las acciones proactivas utilizadas para completar la hoja de información son las siguientes:

Tabla 7. Tipos de acciones utilizadas en la hoja de información de RCM.

Tipos de acción	
1	Inspección de mantenimiento predictivo
2	Inspección de mantenimiento preventivo
3	Procedimiento de operación
4	Trabajo de rediseño
5	Dejar fallar. Trabajo de mto. Correcto.
6	Procedimiento de mantenimiento

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Al tener enumerada cada una de las acciones se procede a completar las columnas de acciones proactivas, donde la primera columna se completa con números consecutivos, en la segunda columna se colocan los tipos de acción de acuerdo a la numeración de la tabla siete y en la tercer columna se define la actividad proactiva a seguir en caso de no tener acción proactiva se coloca “Ninguna acción proactiva”.

Ilustración 15. Listado de acciones proactivas para hoja de información RCM.

FUNCIONES		FALLAS FUNCIONALES		SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS	EFECTOS			Gravedad	Frecuencia	Prob. NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS	
1		A			1			1	3						1	2

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

8. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en R.C.M.

Para desarrollar la técnica de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, se utiliza la metodología propuesta por Ing. Jorge Valverde Vega, profesor del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se utiliza como guía el folleto “Administración de Mantenimiento I”.

Antes de aplicar la técnica de RCM se conforma, un grupo de trabajo. En el presente caso se encuentra conformado por: un facilitador, supervisor de mantenimiento, mantenedor y operador. Se realiza un taller de ocho horas durante cuatro sesiones de dos horas cada una, en donde se explicó la estrategia de RCM y las ventajas que ésta traería al Departamento de mantenimiento.

8.1 Grupo de trabajo.

Para conformar el grupo de trabajo, se contó con la disposición de dos supervisores de mantenimiento, mantenedores, operador y facilitador.

Tabla 8. Grupo de trabajo RCM.

Puesto	Nombre
Facilitador	Freddy Arguedas Rocha
Supervisor de mantenimiento	Ing. Diego Solís
	Ing. Isac Leiva
Operador	Jimmy Serreno
Mantenedor mecánico	Felipe Brenes
Mantenedor eléctrico	Luis Picado

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se seguirán los pasos propuestos por el Ing. Jorge Valverde Vega en el folleto de “*Administración de mantenimiento I*” para realizar el RCM.

1. Selección de los equipo.
2. Formación del archivo técnico.
3. Estudio técnico de los equipos.
4. Determinar el nivel de análisis.
5. Determinar los índice de funcionamiento.
6. Definir los objetivos específicos del RCM
7. Elaboración de la hoja de trabajo de RCM.
8. Análisis de aplicabilidad de mantenimiento predictivo a los equipos.
9. Elaboración del manual de mantenimiento preventivo.
10. Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección.
11. Elaboración del Gantt anual.
12. Organizar la ejecución de las inspecciones.
13. Definir la estrategia de motivación
14. Calcular el costo total del RCM.

8.2 Selección de los equipos.

El desarrollo del proyecto se realiza debido a una solicitud del departamento de mantenimiento de la empresa. Se considera que la ranuradora y la molduradora son las máquinas más importantes en la producción de la línea de maquinados, ya que, si alguna de estas dos falla se detiene la producción en esta área.

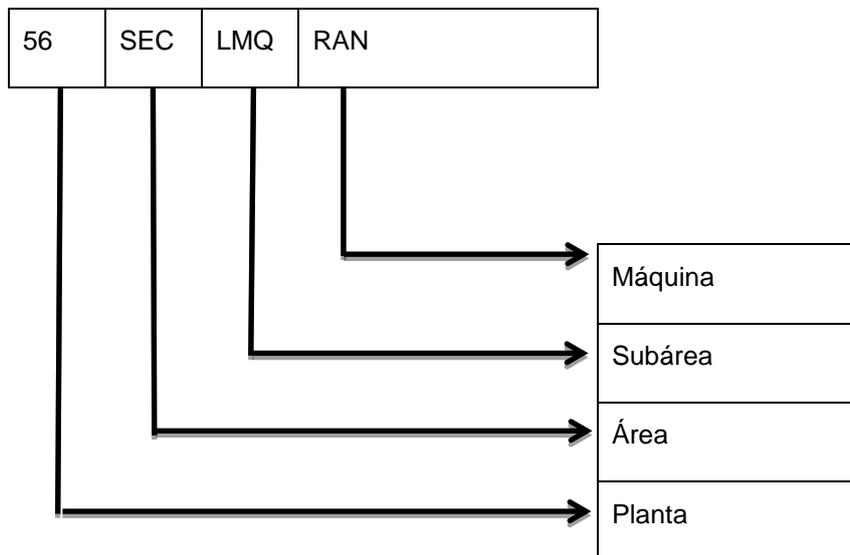
Al ocurrir paros en la línea de maquinados se pierde competitividad comercial en el mercado, debido a que por los paros no se cumple con el total de las piezas que demanda el departamento de producción y a raíz de esto no se cumplen los tiempos de entrega del producto.

Debido a lo mencionado anteriormente y al criterio del Departamento de Mantenimiento se procede a efectuar un análisis de RCM para la máquina de ranurado y moldurado.

8.2.1. Codificación de los equipos.

La empresa actualmente, cuenta con un sistema de codificación establecido que se respetará para efectos del presente estudio, a continuación se explica dicho sistema de codificación.

Ilustración 16. Codificación de los equipos.



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso anterior se tiene que:

Ilustración 17. Explicación de codificación de equipos.

Código	Significado
56	Plante de Costa Rica
SEC	Secundario
LMQ	Línea de maquinados
RAN	Ranuradora

Fuente: Elaboración propia.

8.3. Formación de archivo técnico.

El archivo técnico utilizado para el desarrollo de los manuales de mantenimiento preventivo de la ranuradora y molduradora están fundamentados en los manuales del fabricante, esto con tal de preservar la vida útil del equipo la mayor cantidad del tiempo posible.

8.4. Estudio técnico de las máquinas.

Parte de la información se recolectó de las bitácoras de los técnicos que intervienen el equipo. Para el conocimiento del equipo se hacen inspecciones en el sitio, se asiste a cada una de las intervenciones por parte de los eléctricos y mecánicos de turno y como resultado de las inspecciones se adquiere conocimientos en las diferentes partes de cada uno de los equipos.

Para el caso de la ranuradora se tiene los siguientes datos:

Ilustración 18. Ranuradora Leadermac modelo 3130 M.



Fuente: Leadermac Machinery CO.(s.f.)

Ilustración 19. Datos de placa de la Ranuradora.

Model	3130M
Total H.P.	120.75
Largest H.P.	75
Total Amp	160.4
Voltage	60/230-460 Wire 460
Serial	1008002

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la molduradora se tiene los siguientes datos:

Ilustración 20. Molduradora Leadermac modelo 633H.



Fuente: Leadermac Machinery CO.(s.f.)

Ilustración 21. Datos de placa de Molduradora.

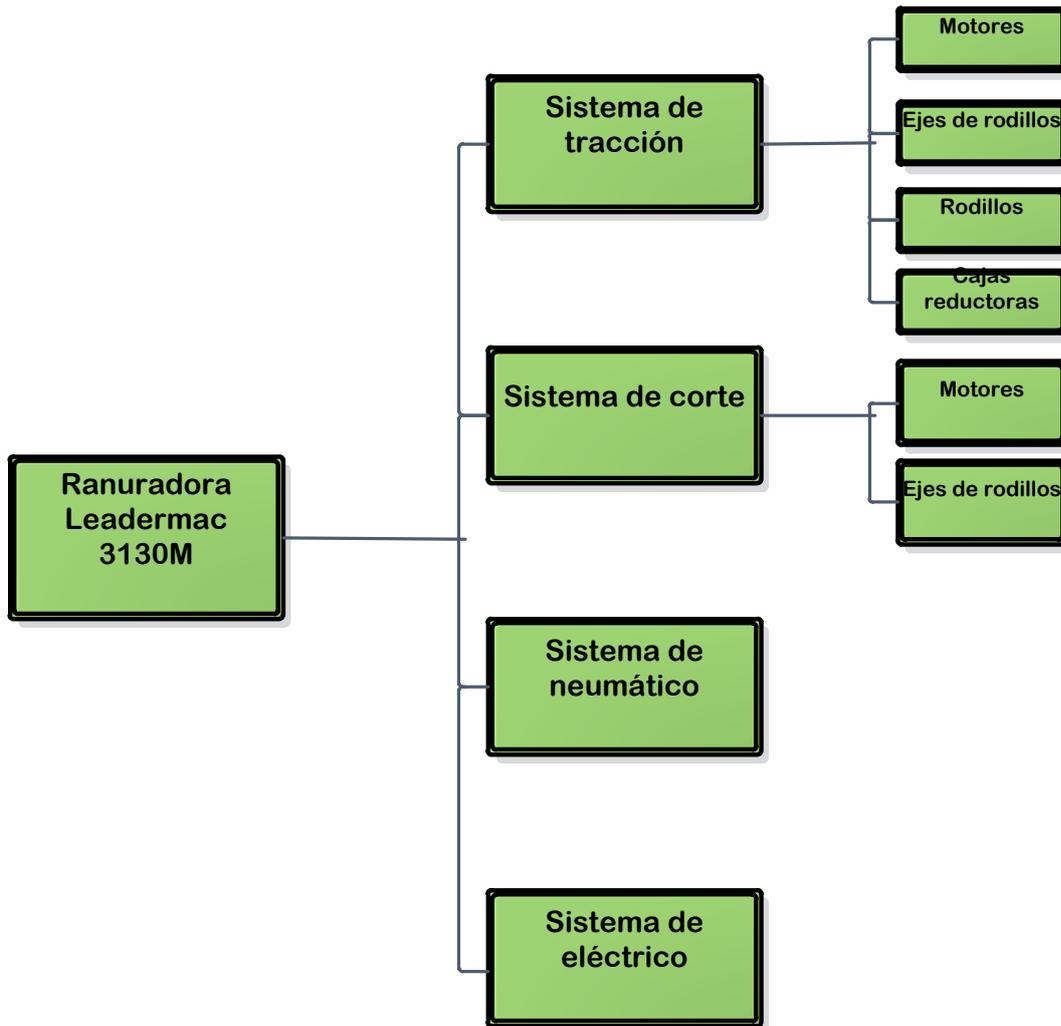
Model	633H
Total H.P.	152
Largest H.P.	30
Total Amp	207.9
Voltage	60/230-460 Wire 460
Serial	1008014

Fuente: Elaboración propia.

8.5. Determinar el nivel de análisis.

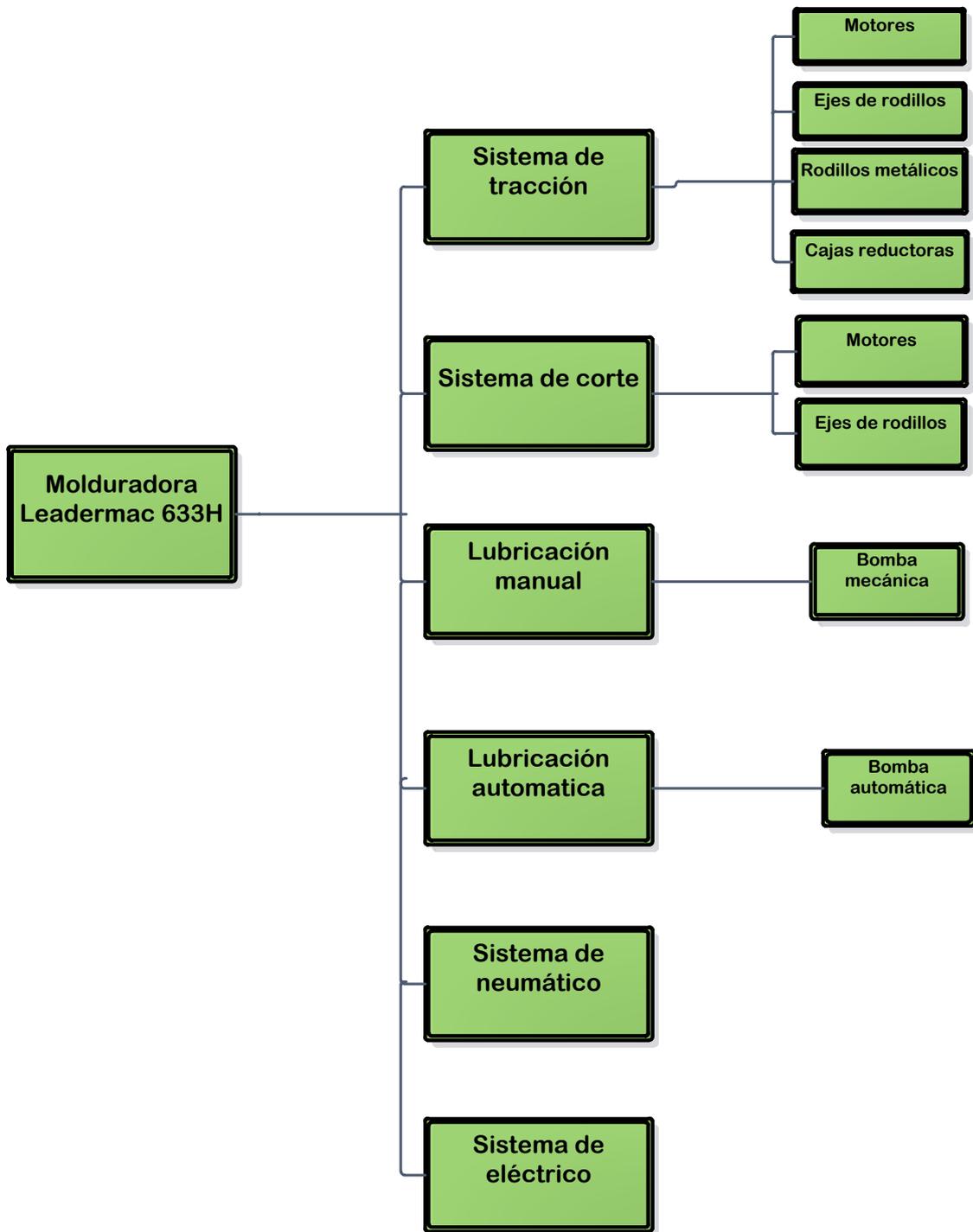
Antes de realizar el RCM se establece el nivel de análisis con el que se va a efectuar, para nuestro caso en la Ranuradora y Molduradora se va a llegar hasta un nivel tres.

Ilustración 22. Nivel de análisis de RCM para la Ranuradora. .



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 23. Nivel de análisis de RCM para la Molduradora.



Fuente: Elaboración propia.

8.6 Determinar los índices de funcionamiento.

Para nuestro proyecto el indicador que actualmente, es utilizado en Plycem construsistemas, el cual, brinda información sobre el funcionamiento del equipo son las horas de paro mecánicos y eléctricos.

Para el estudio y cumplimiento del objetivo principal del proyecto se hace la selección de los problemas que causan el mayor tiempo perdido (paros mecánicos y eléctricos) reportados en el año 2014 y de enero febrero del 2015. Para esto se tabulan los datos y se elaboran diagramas de Pareto para la molduradora y la ranuradora.

Si se observan los datos del anexo tres, para la molduradora se tiene que el 80% del tiempo de los paros registrados por causa las situaciones indicadas en la tabla siguiente.

Tabla 9. Detalle de horas de paro Molduradora.

Causas de paros	Horas de paro
Rodillo de entrada caído	50,32
Cabezote 5 trabado y polea dañada	26,34
Fresa 5 trabada	25,06
Tornillo de subir y bajar Fresa 2 quebrado	24,11
Roles de eje 2 dañados	13,89
Pistón de salida en la fresa 3 y 4 dañado	13,76
Eje de motor de fresa 5 trabado	12,21
Rodillo de entrada a fresa 5 caído	11,59
Eje 5 de cuchillas no se ajusta para corte	10,98
Fresa 5 no desplaza	9,13
Reparación de tornillo de ajuste del plato en fresa 5	7,59
Total	204,98

Fuente elaboración propia

Para el caso de la ranuradora se observa el apéndice cinco, en el cual se determina que el 80 % del tiempo de paro son producidas por las siguientes causas de la tabla

Tabla 10. Detalle de horas de paro Ranuradora.

Causas de paro	Horas de paro
Cajas reductoras dañadas	51,96
Revisión de rodillos de tracción	35,97
Falta de presión de aire comprimido	23,08
Eje principal de discos de corte dañado y descalibrado	19,05
Porta roll del eje principal de discos de corte	18,48
Eje fresa 2 trabado	12,51
Daño de sistema de salida de eje principal de discos de corte	8,64
Daño de acople de rodillos de tracción	8,58
Cambio de fajas y alineación de poleas de rodillos de tracción	8,58
Piñón de ranuradora desmontado	8,58
Reparación de rosca que ajustan altura de rodillos	7,46
Total	202,89

Fuente: elaboración propia.

Como se observar el 80% del tiempo perdido de cada uno de los equipos se asocia a las causas de las tablas nueve y diez. Por lo que si éstas se atacan se reduce de forma significativa el tiempo perdido producto de paros ocasionados en la línea de maquinados.

8.6.1 Disponibilidad operacional.

Se define disponibilidad operacional de un equipo, conjunto de equipos o línea de producción, al porcentaje del tiempo en que estuvo disponible para el proceso de operación en las condiciones de seguridad y calidad establecidas (Pistarelli, 2010).

La disponibilidad operacional queda definida por:

Ecuación 2. Calculo de disponibilidad.

$$D_o = \frac{(T_o - T_{np})}{T_o} \times 100$$

Fuente: (Pistarelli, 2010)

Donde:

T_o= tiempo disponible para operar.

T_{np}= tiempo de paradas no programadas.

8.6.2. cálculo de disponibilidad operacional de la línea de maquinados.

Para realizar este proyecto se tomaron los datos registrados por la compañía en el año 2014 y enero-febrero del 2015. Para lo que se obtuvo la tabla 11:

Tabla 11. Datos para el cálculo de disponibilidad.

Tiempos	2014	Enero y febrero 2015	Total en horas
Tiempo de operación (horas)	4902,80	715,63	5618,43
Tiempo muerto por paros mecánicos y eléctricos (horas)	405,00	94,00	499,00

Fuente: Elaboración propia.

Si se utiliza la fórmula de disponibilidad de la sección 8.6.1 se obtiene una disponibilidad actual de 91,12%, consiguiendo una indisponibilidad de un 8,88%, de lo cual, con la técnica de paretos se controla un 80% de la indisponibilidad. Eso significa que del 8,88% se controla el 7,1% de indisponibilidad, pero, para efectos de este proyecto se propone controlar un 5 % de la indisponibilidad de la línea de maquinados.

Se controla el 5% lo cual representan 287,07 horas de indisponibilidad, se espera obtener un 96,23 % de disponibilidad.

Para mejorar la disponibilidad de la línea de maquinados se desarrolla un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para los equipos de ranurado y moldurado.

Mediante un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM se disminuirán las fallas funcionales de los equipos, de esta manera se aumenta, la disponibilidad del mismo, proponiendo acciones proactivas, rediseños, y capacitaciones.

8.7. Elaboración de la Hoja de Trabajo RCM.

En la elaboración de las Hojas de Trabajo de RCM para la molduradora y ranuradora se siguieron los pasos que se encuentran en las secciones 7.5 a la 7.12 de este documento, en las cuales, se explica cómo se debe de ir llenando la Hoja de trabajo RCM.

En los apéndices del 6 al 17 se observan las hojas de trabajo de RCM para cada uno de los sistemas que conforman el equipo de moldurado y ranurado.

Después, de haberse realizado la aplicación de la metodología de RCM se obtienen tres resultados muy importantes para mantener el funcionamiento adecuado de los equipos.

Estos tres resultados son:

- Acciones proactivas
- Rediseños
- Capacitaciones para el departamento de mantenimiento y producción.

Las acciones proactivas se llevan a cabo con las inspecciones que se detallan en los planes de mantenimiento. En la sección siguiente se explican los planes de mantenimiento preventivo.

En el caso de los rediseños, el RCM solo los propone rediseños, para nuestro caso tenemos los siguientes :

- Realizar un rediseño del sistema del porta rol de las fresas horizontales de la molduradora.
- Realizar rediseño para el sistema de aire comprimido.
- Instalar protector de picos.
- Realizar rediseño del porta rol del eje principal de la ranuradora

Los resultados obtenidos para las capacitaciones fueron los siguientes:

- Entrenamiento para realizar la correcta lubricación de los equipo de moldurado y ranurado.
- Entrenamiento para realizar los ajustes correctos para la operación del equipo.
- Entrenamiento para mejorar las técnicas de sustracción o reposición de partes de los equipos de moldurado y ranurado.

8.8. Elaboración del manual de mantenimiento preventivo (MMP).

El manual de mantenimiento preventivo contiene toda la información relacionada con las inspecciones que se realizan en las máquinas. Los manuales de mantenimiento preventivo y los formularios de inspección para cada uno de los equipos se encuentran ubicados del apéndice 17 al apéndice 36.

El manual de mantenimiento preventivo es un documento que se elabora a partir de la Hoja de Trabajo RCM. El vínculo de la Hoja de Trabajo y el Manual de Mantenimiento Preventivo se da cuando las tareas proactivas definidas en el documento de la Hoja de Trabajo se transcriben en la columna “inspección” del documento Manual de Mantenimiento Preventivo.

El manual de mantenimiento preventivo contiene la siguiente información:

1. Nombre y código de máquina.
2. Nombre y código de la parte.
3. Nombre y código de subparte.
4. Código de inspección.
5. Diseño de la inspección.
6. Período de la inspección.
7. Frecuencia de la inspección.
8. Duración de la inspección .
9. Cantidad de técnicos de mantenimiento por inspección.
10. Especialidad de cada técnico de mantenimiento.

8.8.1 Código de la inspección.

En la primera columna se anota un número consecutivo de la inspección, en la segunda columna se anota el código de acción proactiva de la hoja de RCM. Esto se observa en la siguiente figura

Ilustración 24. Ejemplo de código de inspección.

6	10	Resocar con un torquimetro (10).El torque aplicado debe s
7	12	Desarmar el motor y cambiar

Fuente: Material didáctico del Ing. Luis Gómez profesor del instituto Tecnológico.

8.8.2 Tipo de orientación.

A continuación, se explican los tres tipos de orientación utilizados para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

Informar:

- Se utiliza cuando una corrección de desgaste implique un trabajo mayor.
- Bajo este tipo de orientación el operario no realiza ninguna corrección.
- Se verifica el desgaste o desajuste e informa.
- El informe se da dentro del tiempo de inspección.
- Con el informe, se pretende controlar el incremento de desgaste.
- Si requiere corrección, ésta se efectúa posteriormente, fuera del tiempo de inspección y se crea por medio de la Orden de Trabajo.

Corregir si es necesario:

- Este tipo de orientación se basa en el concepto de: “Criterio Preventivo”.
- Se verifica el desgaste o desajuste y se corrige o no, según, el “Criterio Preventivo”.
- Si se requiere corrección, ésta se realiza inmediatamente, dentro del tiempo de inspección.

Cambiar:

- Bajo este tipo de orientación, el operario cambia el componente, sin mayor análisis.

8.8.3. Período de la inspección.

El programa de mantenimiento preventivo se definió para 52 semanas (tiempo de referencia), las cuales conforman un año. Después de haberse definido el tiempo del programa se procede a definir los períodos de inspección para el control del mantenimiento preventivo de la ranuradora y molduradora. A continuación en la siguiente tabla se muestran los períodos utilizados.

Tabla 12. Nomenclatura de los períodos de inspección.

Período	Nomenclatura
Turno	T
Semana	S
Mensual	M
Trimestral	TR
Semestral	E
Anual	A

Fuente: Elaboración propia

8.8.4 Frecuencia de la inspección.

La frecuencia se refiere al número de veces que la inspección se deberá realizar, dentro de un tiempo de referencia. En nuestro caso nos basamos en un tiempo de referencia de 52 semanas o un año.

Para un período definido por turno, tenemos que se la inspección asignada se se debe realizar 1092 veces, esto es porque se tiene 3 turnos los 7 días de la semana. Por lo que si realizamos el siguiente cálculo:

Frecuencia=3x7x52=1092 veces.

Si necesitamos saber cuantas veces se necesita hacer la inspección por trimestre, sabiendo que un trimestre tiene 13 semanas obtenemos:

Frecuencia: 52/13= 4 veces

Para un período de un trimestre se realizan 4 inspecciones durante 52 semanas.

8.8.5 Permanencia de la inspección.

Se refiere a la duración estimada para realizar la práctica de cada inspección, normalmente, se emplea en minutos. Para los formularios de inspección de la ranuradora y molduradora se plantean inspecciones que no pasen los 10 minutos en total para cada turno, esto con el propósito de iniciar las bases para una futura implementación de mantenimiento autónomo. Para definir la duración de ejecución de las inspecciones se basa en la experiencia de los técnicos y operadores. Se recomienda hacer luego una revaloración de los tiempos de las inspecciones, esto para cambiar los tiempos de aquellas inspecciones que lo necesiten.

8.8.6 Cantidad de técnicos de mantenimiento para realizar cada inspección

La nomenclatura utilizada para nombrar los diferentes técnicos de cada una de las inspecciones se muestra en la siguiente tabla 13.

Tabla 13. Nomenclatura de los técnicos encargados de las inspecciones.

Técnico	Nomenclatura
Mecánico	M
Eléctrico	E
Operador	O
Ayudante de operador	A
Lubricador Externo	L Ext

Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo cada una de las inspecciones de mantenimiento se hace una estimación de la cantidad de técnicos requeridos, esto se distingue en la tabla 14.

Tabla 14. Cantidad de minutos requeridos por técnico para cada inspección del manual de mantenimiento preventivo.

Detalle	Turno	Semanal	Mensual	Trimestre	Semestral	Año
Operador Ran	10					
Ayudante Ran	10					
Operador Mol	10					
Ayudante Mol	10					
Mecánico Ran		29	20	50	25	180
Mecánico Mol		35	45	30		
Eléctrico				20	230	310
Lubricador		32		30		
Total	40	96	65	130	255	490

Fuente: Elaboración propia.

8.9. Cálculo del costo total del manual de mantenimiento preventivo.

8.9.1. Costo de la mano de obra.

En la tabla 15, se presta atención cuánto es el costo del mantenimiento preventivo por cada técnico para un horizonte de 52 semanas.

Tabla 15. Resumen del costo total de mano de obra para el plan de mantenimiento preventivo.

Técnicos	Costo Total
Mecánico	¢410.750,00
Eléctrico	¢197.916,67
Lubricador	¢76.300,00
Ayudante	¢400.666,67
Operador	¢436.800,00
Total	¢1.522.433,33

Fuente: Elaboración propia.

8.9.2 Costos de materiales y repuestos.

Los costos de materiales y repuestos son aproximados, ya que, por privacidad de la empresa estos no pueden ser dados.

Tabla 16. Lista de repuestos para la ranuradora.

Lista de repuestos ranuradora	Costo
Rodamiento 2211-K-2RS1 para porta rol	€70.000,00
Rodillos de poliuretano 1300 mm de largo	€1.534.068,00
Rodillos de poliuretano de 600 mm de largo	€591.000,00
Manguito SKF de 50 mm	€11.400,00
Fajas HI-Miler V-Belt 22460	€18.700,00
Fajas B134	€10.857,00
Fajas 55x1060	€38.800,00
Rodamiento FAG 6312 Germany 224B.B	€57.900,00
Caja reductora del sistema de levantamiento 0594B	€231.400,00
Caja reductora del sistema de levantamiento 0630B	€231.400,00
Caja reductora del sistema de tracción 2943B	€549.120,00
Caja reductora del sistema de tracción 0700B	€503.360,00
Total	€3.848.005,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Lista de repuestos de la molduradora.

Lista de repuestos molduradora	Costo
Cardanes de ajuste	€15.000,00
Manguera de 4 mm para sistema neumático	€30.000,00
Mangueras de 4 mm para sistema de lubricación	€30.000,00
Acople de sistema neumático 4mm (uniones, T)	€13.717,00
Limpiador de contactos eléctricos	€7.800,00
Fajas 22-450 para sistema de tracción	€39.000,00
Faja plana 55 x 1390	€38.400,00
Faja plana 55 x 2180	€64.000,00
Faja plana 70 x 900	€50.000,00
Faja 1088-8YU	€140.400,00
Faja 1080-8YU	€133.500,00
Faja 944-8YU	€45.760,00
Rodamiento 6007 2RS	€25.000,00
Rodamiento 6013 2RS para tapa de voladore	€48.000,00
Rodillos de poliuretano	€120.000,00
Rodillos acanalados	€255.000,00
Caja reductora de levantamiento de rodillos	€462.000,00
Motor teco 460 V, 40 Hp	€234.000,00
Tape 3M #33	€47.000,00
Total	€1.798.577,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Lista de lubricantes utilizados para ambos equipos.

Lubricantes	Costo
Aceite Shell SAE 30	¢46.456,00
Grasa Mobil EP2	¢88.290,00
Grasa Mobil EP0	¢54.600,00
Penetrante WD40	¢317.928,00
Aceite Mobil Gear 600 XP 220	¢55.816,00
Total	¢563.090,00

Fuente: Elaboración propia.

El plan de mantenimiento se justifica debido a que este aumenta en un 6,29% de las ganancias obtenidas con base al año 2014, no se muestran las ganancias obtenidas por confidencialidad de la empresa.

8.10. Cronograma de inspecciones para la ranuradora y molduradora.

Para la elaboración del Gantt Anual, se calcula la disponibilidad para el mantenimiento preventivo (DMP). Para el presente caso se dispone de 12 horas de disponibilidad de mantenimiento. En esta etapa se programan las inspecciones por semana, mes, trimestre, semestre y por año.

El formato utilizado es el del folleto de administración de mantenimiento uno elaborado por el ingeniero Jorge Valverde Vega, profesor del Instituto Tecnológico de Costa Rica. En el apéndice 42 se muestra el diagrama de Gantt.

9. Conclusiones.

- Con el plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM se espera elevar la disponibilidad actual de la ranuradora y molduradora de la línea de maquinados de un 91,12% a un 96,12%. Donde el 5% representa 287,07 horas de paro.
- Mediante los grupos de trabajo involucrando personal de mantenimiento y producción, se ampliaron los conocimientos en el contexto operacional del equipo, para luego determinar las acciones proactivas del plan de mantenimiento basado en RCM de equipo de ranurado y moldurado.
- Se elaboró el programa de mantenimiento preventivo basado en RCM, este programa es una guía para el personal de mantenimiento y de operación, en éste se detallan cada una de las acciones proactivas que se deben realizar para el equipo de ranurado y moldurado.

10.Recomendaciones.

- Se recomienda realizar un expediente para cada uno de los equipos de ranurado y moldurado. Esto sería una retroalimentación en caso de que se tenga que intervenir en un futuro alguna parte del equipo que se encuentre modificada.
- Se aconseja realizar capacitaciones previas cuando se ejecuta rotación de operadores. Esto debido a que de acuerdo al análisis de RCM se determinaron fallas por falta de conocimiento del funcionamiento del equipo y de sus diferentes sistemas.
- Se exhorta a capacitar al personal en técnicas de mantenimiento más actualizadas, de manera que se comprenda la importancia de las tareas preventivas, lubricación, uso correcto de herramientas, instrumentos de medición. Todo esto se realiza para prepararse en una futura implementación de 5S y TPM.
- Se recomienda dar seguimiento al RCM y mantenimiento preventivo para mantenerlo actualizado esto puede llevarse a cabo por el ingeniero encargado del mantenimiento preventivo de la empresa. Esto debido a que en un futuro se podrían dar cambios en las actividades de mantenimiento, períodos, frecuencias y duración de actividades.

11 Bibliografía

1. Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance*. Inglaterra.
2. Pistarelli, A. J. (2010). *Manual de mantenimiento predictivo. Ingeniería, gestión y operación*. Buenos Aires.
3. Fernández, Juan Antonio Vega. (1999). *Las siete herramientas básicas de la calidad*. México : s.n., 1999.
4. Duffuaa, S., Raouf, A., & Dixon, J. (2009). *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. México: Limusa Wiley.
5. Gutiérrez, A. M. (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.
6. (NASA), N. a. (Febrero de 2000). *National and Aeronautics Space Administration*. Recuperado el 25 de febrero del 2015, de: www.hq.gov/office/codej/codejx/assets/Docs/RCMguidemar2000.pdf
7. Vega, J. V. (2006). *Folleto Administración de Mantenimiento I*. Escuela de Ingeniería Electromecánica: Tecnológico de Costa Rica.
8. Muñoz, E. (2013). *¿QUÉ ES EL NÚMERO DE PRIORIDAD DEL RIESGO (NPR)?*. Recuperado el 6 de marzo del 2015 de: <http://blog.enrimusa.com/que-es-el-numero-de-prioridad-del-riesgo-npr/>
9. SKF. (2014). *SKF Group*. Recuperado el 6 de maro del 2015 de: www.skf.com/group/index.html
10. Rovira, Ingeniero César. *El Prisma*. Recuperado el: 6 de marzo del 2015 de: www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/diagramadepareto/
11. Fernández, Juan Antonio Vega. 1999. *Las siete herramientas básicas de la calidad*. México : s.n., 1999.
12. Plycem Construsistemas Costa Rica S.A. (s.f.). Plycem. Recuperado el 20 de febrero del 2015.
13. Software de Gestión SAP.(s.f.), Recuperado el 20 de febrero del 2015.
14. Leadermac Machinery CO.(s.f.), Recuperado el 6 de maro del 2015.

12 Apéndices

Apéndice 1. Plantilla de hoja de Información utilizada para RCM.

FUNCIONES		FALLAS FUNCIONALES		SUBPARTE	MODOS DE FALLA	CAUSAS	EFECTOS			Gravedad	Frecuencia	Prob.NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS	
1		A			1		1	3					1	2	

Fuente: modificación al formato del Ing.Jorge Valverde Vega, Profesor del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Significados de los números resaltadas con negrita.

Tipos de efecto	
1	La seguridad de las personas
2	El medio ambiente
3	La eficiencia de la producción
4	Las pérdidas del producto
5	La calidad del producto
6	La propia máquina

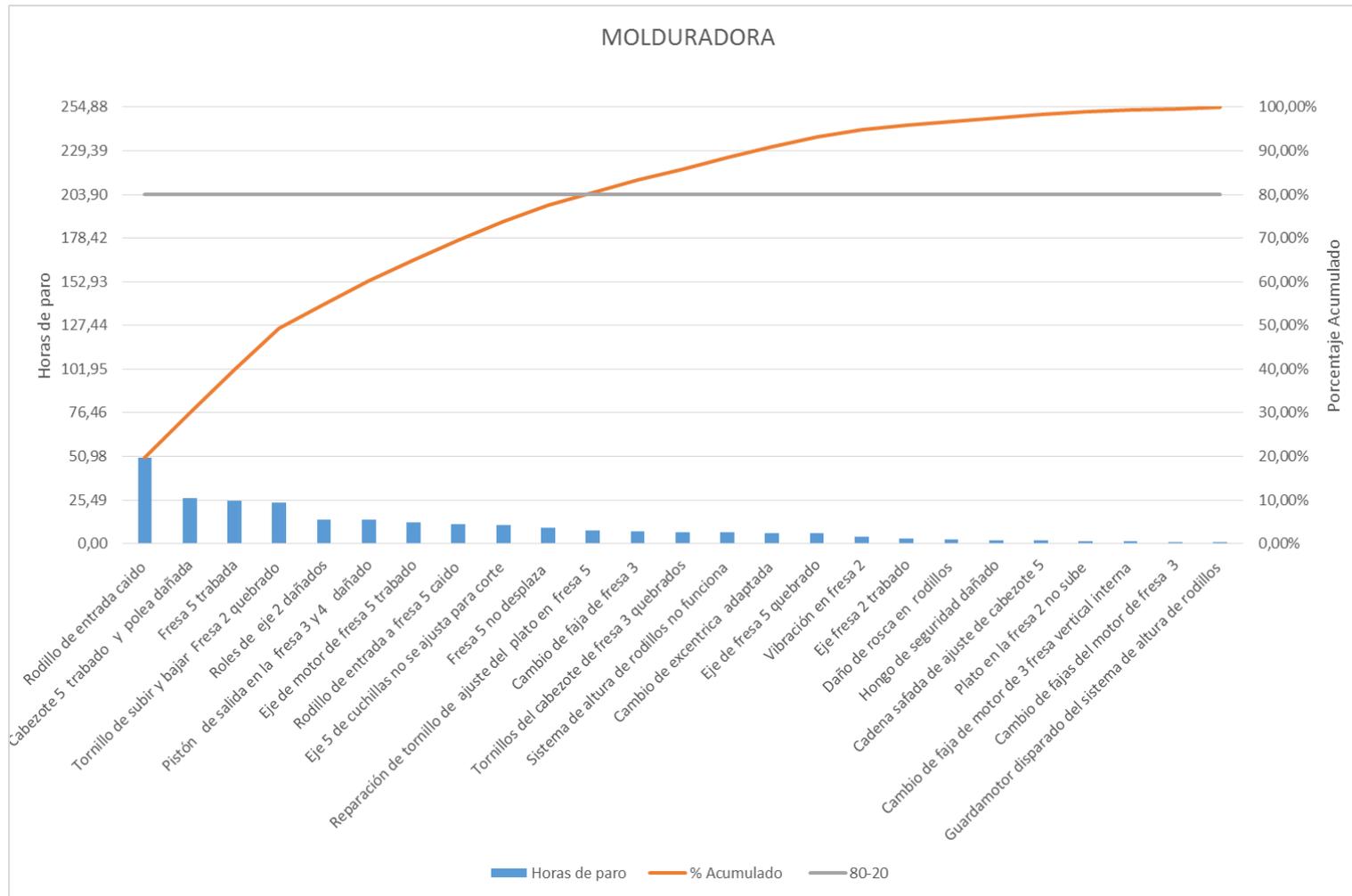
Tipos de acción	
1	Inspección de mantenimiento predictivo
2	Inspección de mantenimiento preventivo
3	Procedimiento de operación
4	Trabajo de rediseño
5	Dejar fallar. Trabajo de mto. Correcto.
6	Procedimiento de mantenimiento

Apéndice 2. Datos tabulados de los tiempos de paro de la molduradora.

Detalle	Horas de paro	% Acumulado	80-20	Acumulado
Rodillo de entrada caído	50,32	19,74%	80,00%	50,32
Cabezote 5 trabado y polea dañada	26,34	30,08%	80,00%	76,66
Fresa 5 trabada	25,06	39,91%	80,00%	101,72
Tornillo de subir y bajar Fresa 2 quebrado	24,11	49,37%	80,00%	125,83
Roles de eje 2 dañados	13,89	54,82%	80,00%	139,72
Pistón de salida en la fresa 3 y 4 dañado	13,76	60,22%	80,00%	153,48
Eje de motor de fresa 5 trabado	12,21	65,01%	80,00%	165,69
Rodillo de entrada a fresa 5 caído	11,59	69,55%	80,00%	177,28
Eje 5 de cuchillas no se ajusta para corte	10,98	73,86%	80,00%	188,26
Fresa 5 no desplaza	9,13	77,44%	80,00%	197,39
Reparación de tornillo de ajuste del plato en fresa 5	7,59	80,42%	80,00%	204,98
Cambio de faja de fresa 3	7,23	83,26%	80,00%	212,21
Tornillos del cabezote de fresa 3 quebrados	6,63	85,86%	80,00%	218,84
Sistema de altura de rodillos no funciona	6,63	88,46%	80,00%	225,47
Cambio de excéntrica adaptada	6,15	90,87%	80,00%	231,62
Eje de fresa 5 quebrado	5,97	93,22%	80,00%	237,59
Vibración en fresa 2	3,98	94,78%	80,00%	241,57
Eje fresa 2 trabado	2,71	95,84%	80,00%	244,28
Daño de rosca en rodillos	2,23	96,72%	80,00%	246,51
Hongo de seguridad dañado	2,11	97,54%	80,00%	248,62
Cadena safada de ajuste de cabezote 5	1,81	98,25%	80,00%	250,43
Plato en la fresa 2 no sube	1,51	98,85%	80,00%	251,94
Cambio de faja de motor de 3 fresa vertical interna	1,14	99,29%	80,00%	253,08
Cambio de fajas del motor de fresa 3	0,90	99,65%	80,00%	253,98
Guardamotor disparado del sistema de altura de rodillos	0,90	100,00%	80,00%	254,88
Total	254,88			

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 3. Diagrama de Pareto para la Molduradora.



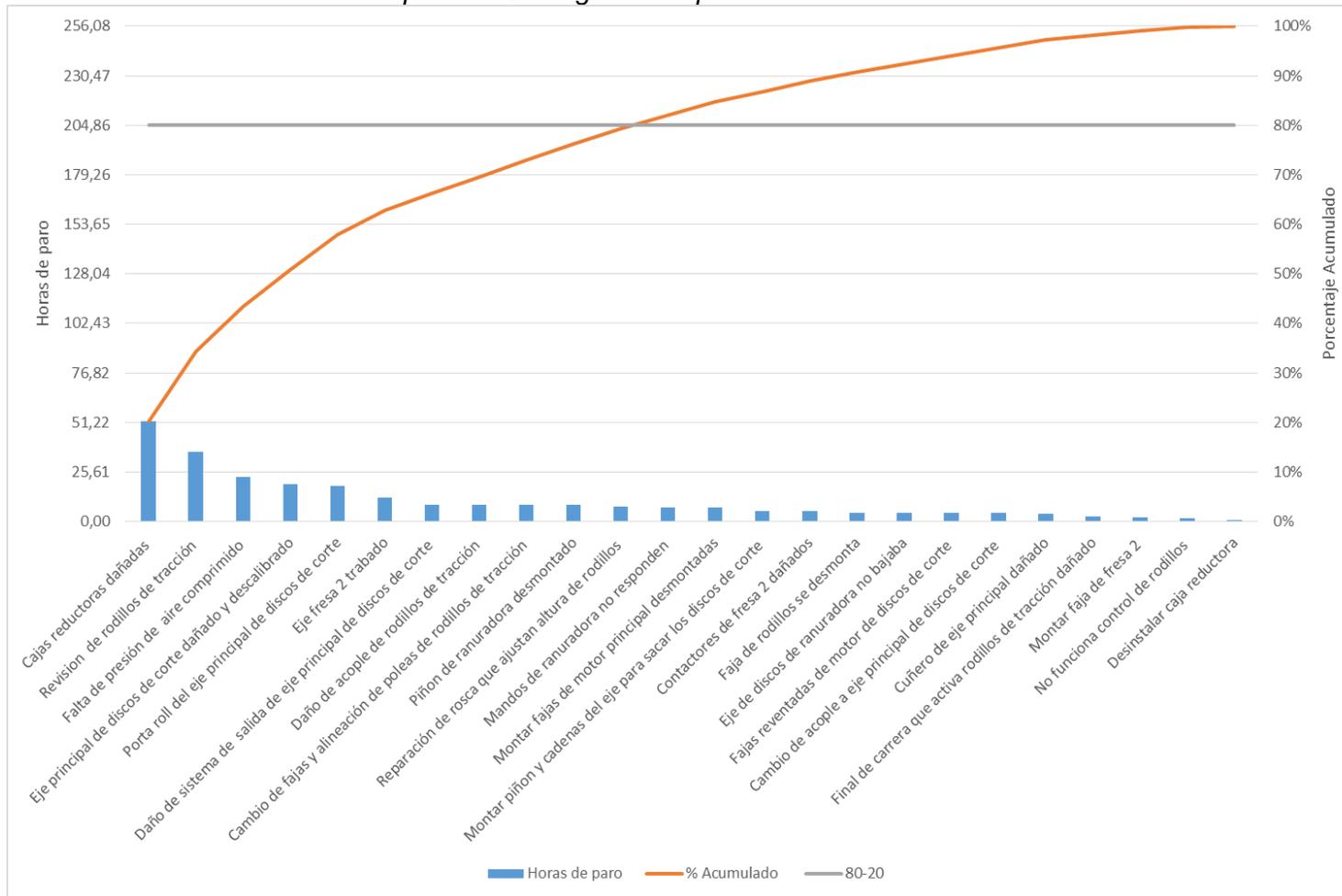
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 4. Datos tabulados de los tiempos de paro de la ranuradora.

Detalle	Horas de paro	% Acumulado	80-20	Acumulado
Cajas reductoras dañadas	51,96	20%	80%	51,96
Revisión de rodillos de tracción	35,97	34%	80%	87,93
Falta de presión de aire comprimido	23,08	43%	80%	111,01
Eje principal de discos de corte dañado y descalibrado	19,05	51%	80%	130,06
Porta roll del eje principal de discos de corte	18,48	58%	80%	148,54
Eje fresa 2 trabado	12,51	63%	80%	161,05
Daño de sistema de salida de eje principal de discos de corte	8,64	66%	80%	169,69
Daño de acople de rodillos de tracción	8,58	70%	80%	178,27
Cambio de fajas y alineación de poleas de rodillos de tracción	8,58	73%	80%	186,85
Piñón de ranuradora desmontado	8,58	76%	80%	195,43
Reparación de rosca que ajustan altura de rodillos	7,46	79%	80%	202,89
Mandos de ranuradora no responden	7,18	82%	80%	210,07
Montar fajas de motor principal desmontadas	7,07	85%	80%	217,14
Montar piñón y cadenas del eje para sacar los discos de corte	5,24	87%	80%	222,38
Contactores de fresa dos dañados	5,24	89%	80%	227,62
Faja de rodillos se desmonta	4,57	91%	80%	232,19
Eje de discos de ranuradora no bajaba	4,41	92%	80%	236,60
Fajas reventadas de motor de discos de corte	4,30	94%	80%	240,90
Cambio de acople a eje principal de discos de corte	4,19	96%	80%	245,09
Cuñero de eje principal dañado	3,85	97%	80%	248,94
Final de carrera que activa rodillos de tracción dañado	2,58	98%	80%	251,52
Montar faja de fresa dos	2,20	99%	80%	253,72
No funciona control de rodillos	1,65	100%	80%	255,37
Desinstalar caja reductora	0,71	100%	80%	256,08
Total	256,08			

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 5. Diagrama de Pareto de la ranuradora.



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 6. Hoja de RCM para Sistema de tracción de Molduradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS	EFECTOS			Gravedad	Frecuencia	Prob.NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS		
1	A Incapacidad total del sistema de tracción para arrancar.	Hongo de seguridad	1	Hongo de seguridad presionado	Error humano	1	3	Si el hongo de seguridad se encuentra presionado esto hace que sea imposible el arranque del sistema de tracción del equipo. Afectando el proceso productivo.	8	8	5	320	1	3	Para arrancar el equipo se debe verificar que los hongos de seguridad no se encuentren presionados.
			2	Guardamotor disparado	Falso contacto	2	3	El polvo provoca que los contactos tengan un falso contacto por lo que el guardamotor se dispara. La producción se ve afectada debido a que no se puede arrancar el sistema.	8	4	7	224	2	2	Limpiar el polvo antes de arrancar el equipo se debe soplar el panel eléctrico con aire comprimido.
				Tornillos flojos										3	2

1	Dar movimiento a toda la tracción para que el material de fibrocemento sea trasladado a una razón de 60 a 90 pie/hora de manera continua y permitir el ajuste de altura con un rango de 0 a 50 mm.	A		Motor eléctrico	3	Sistema de tracción no gira	Fajas reventadas	Envejecimiento	3	3	Si las fajas están reventadas el sistema de tracción no gira, provocando que ninguno de los rodillos gire. Este modo de falla afecta la velocidad de la producción.	9	1	6	54	4	2	Revisar el estado de las fajas (que no estén desgastadas o tengan grietas)
		B	Incapacidad parcial del sistema de tracción de mantener una velocidad de 60 a 90 pie /hora de manera continua.	Variador de frecuencia	4	Variador no regula velocidad	Sensor detecta no	Sensor desconectado	4	3	El reloj de velocidad en el panel de control no indica la velocidad del sistema de tracción. La máquina afecta a la producción si la velocidad de operación no se mantiene en 60 pie /hora como mínimo.	4	6	6	144	5	2	Verificar visualmente conexión del sensor de velocidad.
								Sensor dañado								6	5	Ninguna acción proactiva
								Falta tornillo de sensado								7	2	Verificar visualmente si esta colocado el tornillo que emite señal de sensado.
		Junta movable	5	Se atasca el producto en la mesa de transporte.	Junta movable trabada	5	4	El producto se queda atascado en la mesa de alimentación esto causa daños en la puntas del material. La máquina provoca pérdidas del material	8	10	5	400	8	2	Engrasar junta movable una vez a la semana según lo recomendado por el fabricante.			
					Variabilidad en el espesor del material								9	5	Ninguna acción proactiva			
		Rodillo	6	Desgaste en la rosca de sujeción del rodillo.	Mala colocación del tornillo	Error de montaje	6	3	Después de que se ingresa el rodillo al eje de tracción, se ingresa el tornillo de forma incorrecta dañando los hilos de la rosca. Este modo de falla afecta a la producción.	4	5	5	100	10	3	Mejorar capacitación		

1	Dar movimiento a toda la tracción para que el fibrocemento sea trasladado a una razón de 60 a 90 pie/hora de manera continua y permitir el ajuste de altura con un rango de 0 a 50 mm.	B	Incapacidad parcial del sistema de tracción de mantener una velocidad de 60 a 90 pie /hora de manera continua.	Rodillo de poliuretano	7	Desgaste de rodillos de poliuretano	Por envejecimiento		7	3	Los rodillos presentan desgaste en la cubierta de poliuretano, el rodillo se desgasta por uso normal cuando cumple su ciclo de vida, pero también se desgasta cuando se deja el sistema de tracción operando y se atasca el producto de fibrocemento y la máquina tiene los rodillos trabajando. Este modo de falla afecta la eficiencia de producción por falta de tracción en el equipo.	8	4	5	160	11	2	Revisar el estado de los rodillos y mantener rodillos disponibles.
					Error de operación										12	3	Mejorar capacitación	
				Eje de rodillo de poliuretano	8	Eje de rodillo de poliuretano trabado	Polvo	El sistema de succión de polvo es ineficiente	8	3	El eje no gira debido a que los roles se traban por el polvo. Este modo de falla afecta la velocidad de producción.	8	4	6	192	13	4	Verificar visualmente que el rodillo tenga movimiento.
				Rodillo metálico liso	9	Se pierde tracción del rodillo metálico liso	Rodamiento dañado	Polvo	9	3	El rodillo no gira debido a que los rodamientos se traban por el polvo del fibrocemento. La máquina se ve afectada en disminuir la velocidad de producción.	8	4	5	160	14	2	Verificar visualmente que el rodillo tenga movimiento .
	Dar movimiento a toda la tracción para que el material de	B	Incapacidad parcial del sistema de tracción de mantener una velocidad de 60 a 90 pie /hora de manera continua.	Rodillo metálico acanalado	10	Se pierde tracción del rodillo de entrada	Ajuste inadecuado de excéntrica para dar altura	Error de operación	10	3	Cuando el rodillo metálico se encuentra caído se pierde la tracción.	8	8	6	384	15	3	Mejorar capacitación

1	fibrocemento sea trasladado a una razón de 60 a 90 pie/hora de manera continua y permitir el ajuste de altura con un rango de 0 a 50 mm.				acanalado.	Rodamientos dañado	Polvo								16	2	Limpiar el polvo con aire comprimido .	
		C	Incapacidad total del sistema de tracción para permitir el ajuste de altura de 0 a 50 mm.	Caja reductora	11	Se traba el sistema de subir y bajar de rodillos.	Tapa superior de caja reductora quebrada	Tornillos de tapa flojos.	11	3	El conjunto de rodillos no sube ni baja, esto ocasiona que al no ajustarse el sistema no se puede trasladar el producto en la mesa de trabajo del equipo, se detiene la producción.	9	4	7	252	17	2	Revisar que los tornillos de las tapas de las cajas reductoras no estén flojos.
2	Detener el equipo en caso en caso de sobrealimentación de producto	D	Detiene el equipo cuando no hay sobrealimentación del producto.	Sensor de detección de sobrealimentación desajustado	12	Se detiene el sistema de tracción	Ajuste incorrecto del sensor de alimentación	Error humano	12	3	Si el sensor de sobrealimentación no tiene el ajuste de altura correcto, hace que cada vez que pase el producto detiene el sistema de tracción. Esto provoca que se detenga la producción.	8	4	5	160	18	6	Mejorar capacitación

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 7.Hoja de RCM para Sistema de Corte de Molduradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob.NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS				
			1	2							1	2			
1 Realizar el corte de manera continua a la lámina de fibrocemento a una velocidad de 6160 R.P.M para la fresa horizontal y para la fresa vertical a 3325 R.P.M. Con una tasa de calidad de 95% de acuerdo a las dimensiones requeridas por producción y de manera continua.	A Incapacidad total Realizar el corte de manera continua a la lámina de fibrocemento a una velocidad de 6160 R.P.M para la fresa horizontal y para la fresa vertical a 3325 R.P.M. Con una tasa de calidad de 95% de acuerdo a las dimensiones requeridas por producción y de manera continua.	Motor eléctrico	1	No arranca fresa vertical	Faja reventada	Envejecimiento	1	3	9	6	5	270	1	2	Revisar el estado de las fajas (que no estén desgastadas o tengan grietas).
		Motor eléctrico	2	No arranca fresa horizontal	Faja reventada	Envejecimiento	2	3	9	6	5	270	2	2	Revisar el estado de las fajas (que no estén desgastadas o tengan grietas).
	B Incapacidad parcial de que el sistema de corte horizontal trabaje a una velocidad de 6160 R.P.M de manera continua y con una tasa de calidad de 95% de acuerdo a las dimensiones requeridas por producción.	Eje de fresa horizontal	3	Eje de fresa trabada	Rodamiento trabado	Sobrecalentamiento	3	3	8	4	5	160	3	1	Realizar medición de temperatura por termografía

1	Realizar el corte de manera continua a la lámina de fibrocemento a una velocidad de 6160 R.P.M para la fresa horizontal y para la fresa vertical a 3325 R.P.M. Con una tasa de calidad de 95% de acuerdo a las dimensiones requeridas por producción y de manera continua.	B	Incapacidad parcial de que el sistema de corte horizontal trabaje a una velocidad de 6160 R.P.M de manera continua y con una tasa de calidad de 95% de acuerdo a las dimensiones requeridas por producción.	Eje de fresa horizontal	4	Eje quebrado	Fisura	Fatiga térmica	4	3	El eje de la fresa al estar sometido a la fatiga térmica, disminuye la vida útil del eje ocasionando que este se llegue a quebrar. Este modo de falla afecta propiamente a la producción.	9	4	5	180	4	1	Análisis de ultrasonido
				Motor eléctrico	5	Motor trabado	Rodamiento trabado	Polvo	5	3	El motor eléctrico deja de funcionar, la fresa se detiene .La producción se ve afectada ,ya que, el motor deja de cortar.	9	1	5	45	5	2	Realizar limpieza superficial del motor y verificar el estado del rodamiento.
				Guardamotor	6	Guardamotor disparado	Falso contacto	Tornillos flojos	6	3	El polvo y los tornillos flojos provocan que los contactos tengan un falso contacto por lo tanto el guardamotor se dispara. La producción se ve afectada debido a que la fresa se detiene.	9	6	5	270	6	2	Verificar que los tornillos de los bornes no estén flojos y realizar limpieza de polvo con aire comprimido del guardamotor de las fresas horizontales.
								Polvo										
Porta rol de fresa	7	Se traba porta rol de la tapa frontal	Calentamiento	Polvo	7	3	Las fresas horizontales giran a 6160 R.P.M esta velocidad sumado al polvo y a la	9	9	8	648	7	4	Realizar trabajo de rediseño				

1				Motor eléctrico	10	Motor trabado	Rodamiento trabado	Polvo	10	3	El motor eléctrico deja de funcionar, la fresa se detiene. La producción se ve afectada ya que el motor deja de cortar.	9	1	5	45	10	2	Realizar limpieza superficial del motor y verificar el estado del rodamiento.
2	Mantener los niveles de protección y seguridad en cada una de las subpartes del sistema de corte.	D	No se cuenta con los niveles mínimos de protección y seguridad	Motor eléctrico	11	Motor sin cubierta	Se quitó para dar mantenimiento y no se colocó nuevamente	Error humano	11	1	Riesgo de atrapamiento para la persona.	3	5	5	75	11	2	Verificar que el motor tenga la cubierta en su lugar.
				Cobertor de fresas	12	Fresas sin cobertor	Se perdieron cobertores de fresas	Error humano	12	1	Riesgo de corte para la persona.	4	5	5	100	12	2	Verificar que las fresas tengan los cobertores.

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 8.Hoja de RCM para Sistema de Ajuste de Molduradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob.NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS				
1	A Incapacidad total de permitir el ajuste de 0 a 50 mm en la profundidad del corte a la moldura de fibrocemento, para un largo de 3670 mm por pieza.	Motor eléctrico	1	Se traba motor de ajuste radial de fresa vertical	Rodamiento trabado	Polvo	4	2	5	40	1	2	Realizar limpieza superficial del motor de fresa vertical y verificar el estado del rodamiento.		
				Desgaste										El motor eléctrico deja de funcionar, no se puede ajustar fresa vertical de manera radial. La producción se ve afectada al no realizarse el ajuste radial de la fresa.	
		Tornillo roscado	2	Se traba tornillo roscado de ajuste radial de fresa vertical	Falta lubricación	Polvo	2	3	4	4	5	80	2	2	Realizar limpieza y lubricar tornillo roscado de ajuste radial de fresa vertical
		Tornillo roscado	3	Se traba tornillo roscado del ajuste axial en la fresa vertical	Falta lubricación	Polvo	3	3	4	4	5	80	3	2	Realizar limpieza y lubricar tornillo roscado de ajuste axial de fresa vertical

1	A	Incapacidad total de permitir el ajuste de 0 a 50 mm en la profundidad del corte a la moldura de fibrocemento, para un largo de 3670 mm por pieza.	Tornillo roscado	4	Se traba tornillo roscado del ajuste radial de la fresa horizontal	Falta lubricación	Polvo	4	3	La palanca del ajuste radial de la fresa horizontal no se puede mover. La producción se ve afectada por este modo de falla ya que no se puede ajustar la profundidad del corte.	4	5	5	100	4	2	Realizar limpieza y lubricar tornillo roscado del ajuste radial de fresa horizontal
			Eje fresa horizontal	5	Se traba ajuste axial de fresa horizontal	Eje trabado	Capa de polvo	5	3	Cuando se mueve el ajuste axial de la fresa horizontal se traba la palanca, se puede observar una mancha negra en la superficie del eje esto es ocasionado por el polvo. Este modo de falla afecta la producción	5	7	5	175	5	2	Realizar limpieza y lubricar de la superficie del eje horizontal cada cambio de cuchillas.
			Tornillo roscado	6	Se traba tornillo roscado ajuste axial de fresa horizontal	Falta lubricación	Polvo	6	3	La palanca del ajuste axial de la fresa vertical no se puede mover. La producción se ve afectada por este modo de falla ya que no se puede ajustar la profundidad del corte.	4	6	5	120	6	2	Realizar limpieza y lubricar tornillo roscado de ajuste axial de fresa horizontal.
			Cardan	7	Se quiebra cardan de ajuste axial de fresa horizontal	Desgaste en la cruz Error de operación		7	3	Cuando se gira la palanca del ajuste axial de la fresa horizontal, no se da ningún movimiento axial de la fresa, La producción se ve afectada por este modo de falla, ya que, no se puede ajustar la profundidad del corte.	4	6	5	120	7	2	Verificar el estado de la cruz de los cardanes y mejorar capacitación

1	Permitir el ajuste de 0 a 50 mm en la profundidad del corte a la moldura de fibrocemento, para un largo de 3670 mm por pieza.	A	Incapacidad total de permitir el ajuste de 0 a 50 mm en la profundidad del corte a la moldura de fibrocemento, para un largo de 3670 mm por pieza.	Cadena	8	Se revienta cadena de ajuste axial de fresa horizontal	Exceso de tensión	de	Error humano	8	3	Cuando se gira la palanca del ajuste axial de la fresa horizontal, no se da ningún movimiento axial de la fresa. La producción se ve afectada debido a que la fresa horizontal no alcanza la profundidad del corte requerido.	4	4	5	80	8	6	Mejorar capacitación	
				Oreja	9	Se quiebra oreja de ajuste axial de fresa horizontal	Esfuerzo de oreja	de	Error de operación	de	9	3	Al moverse con una palanca el ajuste no se realiza el movimiento axial de la misma, provocando que se vea afectada la eficiencia de la producción.	4	2	5	40	9	3	Mejorar capacitación
				Tuerca de bronce	10	Se desgasta tuerca de cobre del ajuste axial de fresa horizontal	Tornillo roscado dañado		Error humano (dañada por presión alicate)	de	por del	10	3	Cuando se gira la palanca del ajuste axial de la fresa horizontal la tuerca de bronce patina, por esto no se da ningún movimiento axial de la fresa. La producción se ve afectada debido a que la fresa horizontal no alcanza la profundidad del corte requerido.	4	2	5	40	10	6

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 9. Hoja de RCM para Sistema de Lubricación Manual de Molduradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob. NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS				
1 Permitir la lubricación de las columnas de subir y bajar los rodillos, de manera mecánica proporcionado una cantidad de 8 c.c con una presión de descarga de 3,5 Kg/cm2 por una vez a la semana que se tire de la palanca.	A Incapacidad total de realizar lubricación	Bomba mecánica	1	Bomba sin aceite	Error humano	Las columnas de subir y bajar los rodillos no están lubricadas porque la bomba esta sin aceite. Este modo de falla afecta directamente al equipo.	1	6	4	7	5	140	1	2	Verificar el nivel de aceite de la bomba.
	Manguera rota	Error humano	3	6	Desgaste	La bomba no	3	8	5	120	3	2	Medir con un		
	3	Se pierde												Desgaste de	4

1	Permitir la lubricación de las columnas de subir y bajar los rodillos, de manera mecánica proporcionado una cantidad de 8 c.c con una presión de descarga de 3,5 Kg/cm2 por una vez a la semana que se tire de la palanca.	B	Lubricador manual no dosifica los 8 c.c, con una presión de descarga de 3,5 Kg/cm2 por cada tiron de la palanca	Bomba mecánica		presión de aceite	retenedores de bomba											manómetro que la presión de lubricación sea de 3,5 kg/cm2.
		C	No se tira de la palanca una vez a la semana.	Bomba mecánica	4	No se tira de la palanca del lubricador manual	Falta de conocimiento	Error de operación	5	6		4	9	6	216	4	2	Realizar lubricación, mejorar capacitación

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 10.Hoja de RCM para Sistema de Lubricación Automática de Molduradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA	CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob.NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS					
1 Realizar la lubricación automática de la mesa de alimentación, con un rango de frecuencia de 0-60 minutos.	A Incapacidad total de realizar lubricación automática	Bomba automática	1 Bomba no realiza succión de aceite	Falta aceite en tanque de reserva	Error humano	1	6	3	9	5	135	1	2	Verificar el nivel del aceite en el tanque de reserva	
		Mangueras		Manguera rota	Error humano							2	2	Revisar el estado de las mangueras y mejorar capacitación.	
		Mangueras		Manguera desconectada	Error humano										
	B Incapacidad de funcionar con una frecuencia de 0-60 segundos en un minuto.	Timer	2	No se lubrica con la frecuencia seleccionada	No funciona temporizador	Relé malo	2	6	3	8	5	120	3	5	Ninguna acción proactiva
	C Incapacidad de bombear 8 c.c de aceite como mínimo.	Bomba automática	3	Lubricación insuficiente	Fuga en acople		3	6	3	8	5	120	4	2	Verifica fugas en los acoples del sistema de lubricación automática

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 11.Hoja de RCM para Sistema de Neumático de Molduradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA	CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob.NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS							
1	A	Compresor	1	Se apaga el equipo	Presión de aire menor a 80 psi	Sistema Oga baja la presión	1	3	El equipo enciende una luz azul que indica que no se puede arrancar por falta de aire. Este modo de falla afecta la producción.	9	6	8	432	1	4	Realizar un rediseño del sistema de aire comprimido.	
						Fuga de aire								2	2	Verificar si hay fugas y medir si la presión marca 80 psi en un manómetro.	
	B	Incapacidad parcial del sistema neumático para alimentar con un rango de 0 a 1.5 Bar a la primer etapa del sistema.	Pistón de doble efecto	2	Se escapa aire del cilindro de doble efecto	Cilindro roto	Error de operación	2	4	El equipo pierde aire por lo que los pistones no ejercen la presión adecuada sobre el producto, debido a esto se pierde la línea guía ocasionando pérdidas de producción.	3	9	5	135	3	2	Revisar estado de cilindro y mejorar capacitación.
						Manguera rota	Error humano								4	2	Revisar el estado de las mangueras y mejorar capacitación.
						Manguera suelta	Error humano										
			Válvula reguladora de presión	3	Se pierde regulación de presión	Válvula reguladora de presión dañada	Envejecimiento	3	4	No se puede regular la presión de los cilindro de la etapa uno, ocasionan pérdidas de producción.	4	3	5	60	5	5	Ninguna acción proactiva

1	Distribuir presiones para una primera etapa de 0 a 1,5 Bar y para una segunda etapa de 1,5 a 3 bar. Con una presión de alimentación mínima de 80 psi.	B	Incapacidad parcial del sistema neumático para alimentar con un rango de 0 a 1.5 Bar a la primer etapa del sistema.	Plato quebrador de virutas primera etapa	4	Se pierde capacidad de presión del plato quebrador de virutas	Fuga en acople	Desgaste en el acople	4	3	El equipo no puede movilizar el producto si el plato no ejerce la suficiente presión para facilitar el movimiento. Se afecta la producción debido a que las láminas se quedan pegadas	4	6	5	120	6	2	Verificar si existen fugas en los acoples y observar que se tengan todas las mangueras conectadas del plato quebrador de virutas en la primera etapa.
						Sin manguera	Error humano (se quitaron en un mantenimiento)											
		C	Incapacidad parcial del sistema neumático para alimentar con un rango de 1.5 a 3.0 Bar a la segunda etapa del sistema.	Pistón de simple efecto	5	Se escapa aire del cilindro de simple efecto	Cilindro roto	Error de operación	5	4	El equipo pierde aire por lo que los pistones no ejercen la presión adecuada sobre el producto, debido a esto se pierde la línea guía ocasionando pérdidas de producción.	3	9	5	135	7	2	Revisar estado de cilindro y mejorar capacitación.
				Plato quebrador de virutas segunda etapa	6	Se pierde capacidad de compensación del plato quebrador de virutas	Fuga en acople	Desgaste en el acople	6	3	El equipo no puede movilizar el producto si el plato no ejerce la suficiente presión para facilitar el movimiento. Se afecta la producción debido a que las láminas se quedan pegadas	4	6	5	120	8	2	Verificar si existen fugas en los acoples y observar que se tengan todas las mangueras conectadas del plato quebrador de virutas en la segunda etapa.
							Sin manguera	Error humano (se quitaron en mantenimiento)	7									
		Válvula reguladora de presión	7	Se pierde regulación de presión	Válvula reguladora de presión dañada	Envejecimiento	8	4	No se puede regular la presión de los cilindro de la etapa 2, ocasionan pérdidas de producción.	4	3	5	60	9	5	Ninguna acción proactiva		

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 12.Hoja de RCM para Sistema de Eléctrico de Molduradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA	CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob.NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS								
1	Alimentar el sistema de potencia con un voltaje de 480 V en corriente alterna.	A	Incapacidad total de alimentar el sistema de potencia con un voltaje de 480 en corriente alterna	Transformador	1	Se pierde transformación de potencia que alimenta los 480 V en corriente alterna.	Falla de alimentación. (Jasec)			1	3	9	2	4	72	1	5	Ninguna acción proactiva
2	Alimentar el sistema de contactores a un voltaje de 220 V en corriente alterna.	B	Incapacidad parcial de alimentar el sistema de control con un voltaje de 220 V en corriente alterna.	Botoneras, Finales de carrera, etc.	2	Falso contacto en los dispositivos de entrada	Polvo	2	3	Los dispositivos de entrada no me accionan los actuadores. Este modo de falla afecta la eficiencia de la producción.	7	5	5	175	2	2	Realizar limpieza en los contactos de los dispositivos de entrada.	
						Falso contacto en la conexión	3								2	Verificar conexiones y medir continuidad.		
				Bobina del contactor	3	Se quema bobina de accionamiento	Picos de voltaje	3	6	El actuador que es controlado por la bobina no funciona. Este modo de falla me afecta el funcionamiento de la máquina.	6	2	7	84	4	4	Instalar protector de picos u UPS.	
							Falla de aislamiento por temperatura								5	2	Inspección visual de la bobina	
Contactores	4	Desajuste del contacto del	Desgaste en los contactos	4	6	Se dispara el guardamotor	6	2	7	84	6	2	Medir continuidad					

					contactor	de potencia				protección térmica del actuador al que se conecta el contactor. Este modo de falla afecta el funcionamiento de la máquina.						de contactos de potencia	
3	Alimentación de los sensores y relés de control con un voltaje de 24 V en corriente directa.	C	Incapacidad parcial de alimentar los sensores y relés de control con un voltaje de 24 V en corriente directa.	Sensores inductivos	5	Se pierde del sensor inductivo	Golpe mecánico	5	6	La luz roja que se encuentra en el sensor se apaga cuando no indica señal en el sensor inductivo. Este modo de falla afecta el funcionamiento de la máquina.	5	4	7	140	7	2	Revisar si el sensor tiene golpes en la superficie.
							Cable roto								8	2	Medición de continuidad
				Relé	6	Se quema relé	Sobrevoltaje	6	6	Relé no se activa. Este modo de falla afecta el funcionamiento de la máquina.	5	2	7	70	9	4	Instalar protector de picos
							Falla aislamiento de temperatura								10	2	Inspección visual y medir continuidad.
				Fuente de poder	7	Daño en la fuente de poder	Sobrevoltaje	7	6	No enciende fuente de poder. Al no encender la fuente no se encienden los elementos que están conectados a la fuente. El modo de falla afecta directamente a la máquina	7	2	7	98	11	4	Instalar protector de picos
							Corto circuito a la salida								12	2	Inspección visual del estado del cableado

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 13.Hoja de RCM para Sistema de Tracción de Ranuradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob.NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS																			
1	A Incapacidad total del sistema de tracción para arrancar.	Hongo de seguridad	1	Hongo de seguridad presionado	Error humano	Si el hongo de seguridad se encuentra presionado esto hace que sea imposible el arranque del sistema de tracción del equipo. Este modo de falla afecta a la producción.	1	3	8	8	5	320	1	3	Para arrancar el equipo se debe verificar que los hongos de seguridad no se encuentren presionados															
																Motor eléctrico	2	Guardamotor disparado	Falso contacto	Polvo	El polvo provoca que los contactores tengan un falso contacto por lo que el guardamotor se dispara. La producción se ve afectada debido a que no se puede arrancar el sistema.	2	3	8	4	7	224	2	2	Limpiar el polvo, antes de arrancar el equipo se debe de soplar el panel eléctrico con aire comprimido.
		Fajas flojas	Error humano (no se ajustan bien)	4	2	Revisar que no se tenga fajas flojas.																								
		Variador de frecuencia	4	Variador no regula velocidad	Sensor detecta no	Sensor desconectado	El reloj de velocidad en el panel de control no indica la velocidad de la ranuradora. La producción se ve afectada si la	4	3	4	6	6	144	5	2	Verificar visualmente que no se encuentren cables desconectados del sensor de velocidad.														
						Sensor dañado								6	5	Ninguna acción proactiva														

1	Dar movimiento a toda la tracción para que el material de fibrocemento sea trasladado a una razón de 60 a 90 pies/hora de manera continua y permitir el ajuste de altura de los rodillos de 0 a 30 mm.	B	Incapacidad parcial del sistema de tracción de mantener una velocidad 60 a 90 pie/hora de manera continua.				Falta tornillo			velocidad de operación no se mantiene en 60 pie/hora como mínimo.					7	2	Verificar visualmente si esta colocado tornillo que emite la señal del sensor de velocidad.		
				Mesa de transporte	5	Se atasca el producto en la mesa de transporte.	Junta movable trabada	Falta de lubricación	5	4	El producto se queda atascado en la mesa de alimentación esto causa daños en la puntas del material. La máquina provoca pérdidas del material.	8	10	5	400	8	5		Ninguna acción proactiva
							Variabilidad en el espesor del material												
				Eje de rodillo de poliuretano.	6	Se quebró espiga del rodillo de poliuretano.	Desgaste	Fatiga	6	5	Cuando se quiebra la espiga del rodillo de poliuretano este pierde altura y hace que la lámina entre desalineada al eje principal por lo que se pierden las líneas de cortes. Este modo de falla afecta la calidad del producto.	9	2	5	90	9	2	Realizar un análisis de ultrasonico para saber el estado de la espiga del eje de los rodillos de poliuretano.	
				Rodillos de poliuretano	7	Desgaste de rodillos de poliuretano	Por envejecimiento		7	3	Los rodillos presentan desgaste en la cubierta de poliuretano, el rodillo se desgasta por uso normal cuando cumple su ciclo de vida, pero también se desgasta cuando se deja el sistema de tracción operando y se atasca el producto de fibrocemento y la máquina tiene los rodillos trabajando. Este modo de falla afecta la eficiencia de producción por falta de tracción en el equipo.	8	4	6	192	10	2		Verificar visualmente el estado de los rodillos de poliuretano
							Error de operación												

1	Dar movimiento a toda la tracción para que el material de fibrocemento sea trasladado a una razón de 60 a 90 pies/hora de manera continua y permitir el ajuste de altura de los rodillos de 0 a 30 mm	B	Incapacidad parcial del sistema de tracción de mantener una velocidad 60 a 90 pie/hora de manera continua.	Eje de rodillo	8	Eje del rodillo de poliuretano trabado	Rodamiento dañado	Polvo	8	3	El eje no gira debido a que los roles se traban por el polvo. Este modo de falla afecta la velocidad de producción.	9	5	5	225	12	2	Verificar visualmente que el rodillo tenga movimiento.			
				Rodillo metálico	9	Se pierde tracción del rodillo metálico liso	Rodamiento dañado	Polvo	9	3	El rodillo no gira debido a que los roles se traban por polvo. Este modo de falla afecta la velocidad de producción.	8	4	5	160	13	2	Verificar visualmente que el rodillo metálico tenga movimiento.			
				Caja reductora	10	No gira eje de rodillo metálico acoplado a cada reductora	Sin cuña	Error humano (no se pone en mantenimiento)	10	3	El cardán acoplado a la salida de la caja reductora no gira al eje del rodillo metálico. Este modo de falla afecta la velocidad de la producción.	9	4	5	180	14	2	Inspeccionar que el cardán tenga la cuña.			
							Corona quebrada	Material poco resistente								15	2	Revisar el estado de la corona cada seis meses.			
				Caja reductora	11	Se calienta caja reductora	Aceite contaminado	Desgaste en las piezas internas.	12	3	Cuando se toca la superficie de la caja reductora se puede sentir que se encuentra caliente, esto suele suceder a que el nivel de aceite en la caja es bajo. Ese modo de falla afecta la producción.	7	2	5	70	16	2	Realizar cambio de aceite de las cajas reductoras cada mes.			
							Bajo nivel de aceite	Retenedores malos								17	2	Verificar el nivel de aceite y que no tengan fugas de la caja reductora del sistema de tracción. Rellenar en caso de bajo nivel de aceite.			
				Dar movimiento a toda la	C	Incapacidad del sistema de tracción	Caja reductora	12	Se traba sistema de	Tapa superior de caja	Tornillo de tapa flojos.	13	3	El conjunto de rodillos no sube ni baja, esto	9	4	7	252	18	2	Revisar que los tornillos de las tapas de las cajas

1	tracción para que el material de fibrocemento sea trasladado a una razón de 60 a 90 pies/hora de manera continua y permitir el ajuste de altura de los rodillos de 0 a 30 mm	de permitir el ajuste de altura de 0 a 30 mm.		subir y bajar rodillos	reductora quebrada				ocasiona que al no ajustarse el sistema de tracción no se puede trasladar el producto en la mesa de trabajo del equipo. Este modo de falla afecta a la producción.						reductoras no estén flojas,		
			Tornillo roscado	13	Se traba ajuste de altura de rodillo individual	Tornillo dañado	Rosca obstruida (polvo)	14	3	El rodillo tiene un ajuste de altura que utiliza un tornillo roscado, cuando se gira la tuerca de ajuste el rodillo no sube ni baja. Al no poderse ajustar los rodillos la lámina se desalinea provocando las medidas varíen en algunas partes de la lámina. Estas láminas son pérdidas de material ya que no puede ser reprocesadas.	4	1	5		19	2	Lubricar el tornillo roscado de la caja reductora.
							Rosca golpeada								20	6	Mejorar la capacitación

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 14. Hoja de RCM para Sistema de Corte de Ranuradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA	CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob. NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS					
1	A	Sensor de puerta	1	No arranca eje principal	Sensor de puerta trabado en posición abierta	1	3	9	6	5	270	1	5	Ninguna acción proactiva	
		Motor eléctrico			Fajas reventada							Envejecimiento	2	2	Revisar el estado de las fajas (que no estén desgastadas o tengan grietas).
		Contactador			Contactador trabado							Polvo	3	2	Realizar limpieza de contactor con aire comprimido.
		Acople de eje principal	2	Se quiebra acople del eje principal	Cola de milano sin ajustar tornillos	Error operación	2	3	9	2	5	90	4	3	Verificar que los tornillos de la cola de milano no estén sueltos. Mejorar capacitación
	I	Eje principal	3	Eje principal desgastado	Espiga desgastada	Fatiga	3	3	9	4	9	324	5	2	Verificar el estado de la espiga del eje principal.

1	Realizar el corte de manera continua a la lámina de fibrocemento a una velocidad de 3380 R.P.M, con una tasa de calidad del 95 % de acuerdo a las dimensiones exigidas por producción.	B	Incapacidad parcial en el eje principal de cortar a una velocidad de 3380 R.P.M, con una tasa de calidad de 95% de acuerdo a las dimensiones exigidas por producción.	Cuña de eje principal		Cuña flojo								6	2	Verificar ajuste mecánico de los elementos de sujeción.	
				Chumacera del eje principal	4	Vibración en el eje principal	Tornillos flojos en la chumacera de eje	Mal ajustados	4	6	9	10	5	450	7	2	Verificar que no se tengan tornillos flojos
				Eje principal			Tornillos quebrados	Error humano							8	6	Mejorar capacitación
				Porta roll	5	Se calienta porta rol del eje principal	Falta lubricación	Polvo	5	3	9	6	5	270	9	2	Realizar limpieza y lubricar rodamiento
							Rodamiento trabado	Calentamiento							10	2	Realizar rediseño de porta rol
				Eje principal	6	Se traba eje principal	Desalineamiento de acople	Tornillos flojos de la cola de milano para ajuste de altura del eje	6	3	9	5	6	270	11	2	Verificar visualmente el alineamiento de acople y observar si hay tornillos flojos en la cola de milano de ajuste de altura

1	Realizar el corte de manera continua a la lámina de fibrocemento a una velocidad de 3380 R.P.M, con una tasa de calidad del 95 % de acuerdo a las dimensiones exigidas por producción.	C	de acuerdo a las dimensiones exigidas por producción.	Chumacera del eje principal		Rodamiento trabado	Falta de lubricación		se quiebra el acople. Este modo de falla afecta la producción.						12	2	Realizar cambio de rodamiento cada año		
			Incapacidad total de cortar a una velocidad de 6070 R.P.M, con una tasa de calidad de 95% de acuerdo a las dimensiones exigidas por producción.	Fresa vertical	7	Se traba fresa vertical	Viruta de fibrocemento			7	3	El área de giro de la fresa tiene mucha viruta, al operar la fresa se queda trabada. Este modo de falla afecta la producción.	8	2	5	80	13	2	Realizar limpieza en el área de giro de la fresa.
				Fresa vertical	8	No arranca fresa vertical	Sensor de puerta trabado en posición abierta	Desgaste mecánico	8	3	Cuando se intenta arrancar la fresa vertical, el motor no arranca, provocando retrasos en la producción.	8	2	5	80	14	5	Ninguna acción proactiva	
				Motor eléctrico			Faja reventada	Envejecimiento								15	2	Revisar el estado de las fajas (que no esten desgastadas o tengan grietas).	
Fresa vertical	Contactador trabado	Polvo	16	2			Realizar limpieza de contactor con aire comprimido.												
2	Mantener los niveles de protección y seguridad en cada una de las subpartes del sistema de corte.	D	No se cuenta con los niveles mínimos de protección y seguridad	Cobertor de fresas	8	Fresas sin cobertor	Se perdieron cobertores de fresas	Error humano	9	1	Riesgo de corte para la persona.	4	5	5	100	17	2	Verificar que las fresas tengan los cobertores.	

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 15. Hoja de RCM para Sistema Ajuste de Ranuradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA	CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob. NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS					
1	A Incapacidad total de permitir el ajuste de 0 a 50 mm en la profundidad del corte de la lámina de fibrocemento, para un largo de 3670 mm por pieza.	Tornillo roscado	1	Se traba radialmente el eje principal	Tornillo roscado trabado	Polvo	1	3	9	9	5	405	1	2	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricación de tornillo
					Desgaste	2							2	Verificar desgaste de la rosca del tornillo	
					Tornillo roscado dañado	Error humano (dañada por presión de alicate)							3	6	Mejorar capacitación
					Tapa superior de caja reductora quebrada	Tornillos flojos							4	2	Revisar que los tornillos de las tapas de las cajas reductoras no estén flojos,
					Cola de milano de	Falta lubricación							5	2	Realizar limpieza y lubricar cola de milano.
		Tornillo roscado	2	Se traba el ajuste axial del eje principal	Tornillo roscado trabado	Polvo	2	3	9	7	5	315	6	2	Realizar limpieza y lubricación de tornillo
					Desgaste	7							2	Verificar visualmente desgaste de tornillo roscado	
					Cola de milano de	Falta lubricación							8	2	Realizar limpieza y lubricar cola de milano.
		Motor eléctrico	3	Se traba el motor de ajuste radial	Rodamiento trabado	Polvo	3	3	9	1	5	45	9	2	Realizar limpieza superficial del motor y verificar el estado del

Permitir el ajuste de 0 a 50 mm en la profundidad del corte de la lámina de fibrocemento, para un largo de 3670 mm por pieza.	A	Incapacidad total de permitir el ajuste de 0 a 50 mm en la profundidad del corte de la lámina de fibrocemento, para un largo de 3670 mm por pieza.		de fresa vertical					vertical de manera radial. Este modo de falla afecta a la producción.							rodamiento.	
			Tornillo roscado	4	Se traba tornillo roscado de ajuste radial de fresa vertical	Falta de lubricación	Polvo	4	3	La palanca del ajuste radial de la fresa vertical no se puede mover. La producción se ve afectada por este modo de falla ya que no se puede ajustar la profundidad del corte.	8	1	5	40	10	2	Realizar limpieza y lubricar tornillo
			Tornillo roscado	5	Se traba tornillo roscado de ajuste axial de fresa vertical	Falta de lubricación	Polvo	5	3	La palanca del ajuste axial de la fresa vertical no se puede mover. La producción se ve afectada por este modo de falla ya que no se puede ajustar la profundidad del corte.	8	1	5	40	11	2	Realizar limpieza y lubricar tornillo

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 16. Hoja de RCM para Sistema Neumático de Ranuradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS DE FALLA	CAUSAS		EFECTOS		Gravedad	Frecuencia	Prob.NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS		
1 Distribuir presiones para una primera etapa de 0 a 1,5 Bar y para una segunda etapa de 1,5 a 3 bar. Con una presión de alimentación mínima de 80 psi	A Incapacidad total de alimentar el equipo con una presión mínima de 80 psi.	Compresor	1 Se apaga el equipo	Presión de aire menor a 80 psi	Sistema Oga baja la presión	1	3	9	6	8	432	1	4	Realizar un rediseño del sistema de aire comprimido.
				Fuga de aire									2	2
	B Incapacidad parcial de distribuir el aire con un rango de 1.5 a 3 Bar para la primera etapa.	Pistón de simple efecto	2 Se escapa aire del cilindro de simple efecto	Cilindro roto	Error de operación	2	4	3	9	5	135	3	3	Mejorar capacitación
				Manguera rota	Error humano									Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de neumático.
				Manguera suelta	Error humano									
													4	

1	Distribuir presiones para una primera etapa de 0 a 1,5 Bar y para una segunda etapa de 1,5 a 3 bar. Con una presión de alimentación mínima de 80 ps.	C	Incapacidad parcial de distribuir el aire con un rango de 1.5 a 3 Bar para la primera etapa.	Manómetro	3	No se observa presión de pistones	Manómetro dañado			3	4	Al no observarse la presión en el manómetro, es imposible controlar la presión de los pistones que ejercen las ruedas guía en la primera etapa. Este modo de falla ocasiona pérdidas para la producción.	4	1	5	20	5	2	Verificar estado de manómetros.
			Válvula reguladora de presión	3	Se pierde regulación de presión de 1.5 a 3 Bar.	Válvula reguladora de presión dañada	Envejecimiento	4	4	No se puede regular la presión de los cilindro de la etapa 1, ocasionan pérdidas de producción.	4	3	5	60	6	5	Ninguna acción proactiva		
		C	Incapacidad parcial de distribuir el aire con un rango de 3 a 4 Bar para la segunda etapa.	Pistón de simple efecto	4	Se escapa aire del cilindro de doble efecto	Cilindro roto	Error de operación	5	4	El equipo pierde aire por lo que los pistones no ejercen la presión adecuada sobre el producto, debido a esto se pierde la línea guía ocasionando perdidas de producción.	3	9	5	135	7	3	Mejorar capacitación	
							Manguera rota	Error humano								8	2	Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de neumático.	
							Manguera suelta	Error humano											
		C	Incapacidad parcial de distribuir el aire con un rango de 3 a 4 Bar para la segunda etapa.	Manómetro	5	No se observa presión de pistones	Manómetro dañado			6	4	Al no observarse la presión en el manómetro, es imposible controlar la presión de los pistones que ejercen las ruedas guía en la segunda etapa. Este modo de falla ocasiona pérdidas para la producción.	4	1	5	20	9	2	Verificar estado de manómetros.
				Válvula reguladora de presión	6	Se pierde regulación de presión de 3 a 4 Bar	Válvula reguladora de presión dañada	Envejecimiento	7	4	No se puede regular la presión de los cilindro de la etapa 2, ocasionan pérdidas de producción.	4	3	5	60	10	5	Ninguna acción proactiva	

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 17. Hoja de RCM para Sistema Eléctrico de Ranuradora.

FUNCIONES	FALLAS FUNCIONALES	SUBPARTE	MODOS FALLA	DE CAUSAS	EFECTOS	Gravedad	Frecuencia	Prob. NO Detección	NPR	ACCIONES PROACTIVAS									
1	Alimentar el sistema de potencia con un voltaje de 480 V en corriente alterna.	A	Incapacidad total de alimentar el sistema de potencia con un voltaje de 480 en corriente alterna	Transformador	1	Se pierde transformación de potencia que alimenta los 480 V en corriente alterna.	Falla de alimentación. (Jasec)			1	3	La molduradora no enciende la luz de alimentación eléctrica. Este modo de falla afecta la producción ya que el equipo se encuentra en paro.	9	2	4	72	1	5	Ninguna acción proactiva
2	Alimentar el sistema de contactores a un voltaje de 220 V en corriente alterna.	B	Incapacidad parcial de alimentar el sistema de control con un voltaje de 220 V en corriente alterna.	Botoneras, Finales de carrera, etc.	2	Falso contacto en los dispositivos de entrada	Polvo	2	3	Los dispositivos de entrada no me accionan los actuadores. Este modo de falla afecta la eficiencia de la producción.	7	5	5	175	2	2	Realizar limpieza en los contactos de los dispositivos de entrada.		
						Falso contacto en la conexión									3	2	Verificar conexiones y medir continuidad.		
				Bobina del contactor	3	Se quema bobina de accionamiento	Picos de voltaje	3	6	El actuador que es controlado por la bobina no funciona. Este modo de falla me afecta el funcionamiento de la máquina.	6	2	7	84	4	2	Instalar protector de picos u UPS.		
						Falla de aislamiento por temperatura				5					2	Inspección visual de la bobina			
Contactores	4	Desajuste del contacto del	Desgaste en los contactos		4	Se dispara el guardamotor	6	2	7	84	6	2	Medir continuidad						

					contactor	de potencia			protección térmica del actuador al que se conecta el contactor. Este modo de falla afecta el funcionamiento de la máquina.							de contactos de potencia	
3	Alimentación de los sensores y relés de control con un voltaje de 24 V en corriente directa.	C	Incapacidad parcial de alimentar los sensores y relés de control con un voltaje de 24 V en corriente directa.	Sensores inductivos	5	Se pierde señal del sensor inductivo	Golpe mecánico	5	6	La luz roja que se encuentra en el sensor se apaga cuando no indica señal en el sensor inductivo. Este modo de falla afecta el funcionamiento de la máquina.	5	4	7	140	7	2	Revisar si el sensor tiene golpes en la superficie.
							Cable roto								8	2	Medición de continuidad
				Relé	6	Se quema relé	Sobrevoltaje	6	6	Relé no se activa. Este modo de falla afecta el funcionamiento de la máquina.	5	2	7	70	9	4	Instalar protector de picos
							Falla aislamiento de temperatura								10	2	Inspección visual
				Fuente de poder	7	Daño en la fuente de poder	Sobrevoltaje	7	6	No enciende fuente de poder. Al no encender la fuente no se encienden los elementos que están conectados a la fuente. El modo de falla afecta directamente a la máquina	7	2	7	98	11	4	Instalar protector de picos
							Corto circuito a la salida								12	2	Inspección visual del estado del cableado

Fuente: modificación al formato del Ing. Jorge Valverde Vega.

Apéndice 18. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de tracción de la molduradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL		Hoja 1 de 2				
EQUIPO: MOLDURADORA								
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de tracción								
1	2	Guardamotor	Limpia el polvo, antes de arrancar el equipo se debe soplar el panel eléctrico con aire comprimido. Corregir si es necesario.	T	1092	2	A	€36.400,00
2	3	Guardamotor	Verificar que los tornillos de los bornes del guardamotor del motor de tracción no se encuentren flojos. Corregir si es necesario.	S	52	5	E	€10.833,33
3	4	Motor eléctrico	Revisar el estado de las fajas (que no estén desgastadas o tengan grietas) del motor de tracción. El sistema de tracción utiliza fajas 22-450. Corregir si es necesario.	TR	4	10	M	€1.666,67
4	5	Variador de frecuencia	Verificar visualmente que no se encuentren cables desconectados del sensor de velocidad. Corregir si es necesario.	S	52	5	E	€10.833,33
5	7	Variador de frecuencia	Verificar visualmente si está colocado el tornillo que emite señal del sensor de velocidad. Corregir si es necesario.	S	52	5	E	€10.833,33
*PER= Período de las inspecciones (T= Turno, S= Semanal, M= Mensual, TR= Trimestral, E= Semestral, A= Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC= Técnico asignado para realizar el trabajo (M= Mecánico, E= Eléctrico, L= Lubricador, O= Operador, A= Ayudante, Ext= Externo).								

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS								
EQUIPO: MOLDURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL	Hoja 2 de 2					
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de tracción								
6	8	Junta movable	Engrasar junta movable una vez a la semana según lo recomendado por el fabricante. Utilizar una grasa EP-0. Cambiar.	S	52	5	L	Ø8.666,67
7	11	Rodillo de poliuretano	Revisar el estado de los rodillos y mantener rodillos disponibles. Informar.	T	1092	1	O	Ø27.300,00
8	13	Eje de rodillo de poliuretano.	Verificar visualmente, que el rodillo tenga movimiento. Informar.	T	1092	1	O	Ø27.300,00
9	13	Rodillo metálico liso	Verificar visualmente que el rodillo tenga movimiento. Informar.	T	1092	1	O	Ø27.300,00
10	16	Rodillo metálico acanalado	Limpiar el polvo con aire comprimido que se encuentra sobre el rodillo acanalado cada vez que finalice el turno. Corregir si es necesario.	T	1092	2	A	Ø36.400,00
11	17	Caja reductora	Revisar que los tornillos de las tapas de las cajas reductoras que suben y bajan los rodillos de tracción no estén flojos. Corregir si es necesario.	S	52	10	M	Ø21.666,67

*PER= Período de las inspecciones (T= Turnos=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 19. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de corte de la molduradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
EQUIPO: MOLDURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL		Hoja 1 de 2				
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de Corte								
1	1	Motor eléctrico	Revisar el estado de las fajas (que no esten desgastadas o tengan grietas) del motor de corte vertical. El sistema de corte del corte vertical usa fajas tipo: 55X1390, 55X2180,70X900 .Corregir si es necesario.	TR	4	10	M	€1.666,67
2	2	Motor eléctrico	Revisar el estado de las fajas (que no esten desgastadas o tengan grietas) del motor de corte horizontal. El sistema de corte del corte horizontal usa fajas tipo: 1088-8YU, 1080-8YU, 944-8YU. Corregir si es necesario.	TR	4	10	M	€1.666,67
3	3	Eje de fresa horizontal.	Realizar medición de temperatura por termografía para análisis y evaluación posterior. Informar.	M	13	10	Ext	NO
4	4	Eje de fresa horizontal.	Análisis de ultrasonido al eje de la fresa de corte horizontal. Informar.	E	2	60	Ext	NO
5	5	Motor eléctrico	Realizar limpieza superficial del motor de la fresa horizontal y verificar el estado del rodamiento. Corregir si es necesario	A	1	40	E	€1.666,67

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual).*FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecanico, E=Electrico, L=Lubricador, O=Operador, Ext=Externo).

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		EQUIPO: MOLDURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL		Hoja 2 de 2		
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de Corte								
6	6	Guardamotor	Verificar que los tornillos de los bornes no estén flojos y realizar limpieza de polvo con aire comprimido del guardamotor de las fresas horizontales. Corregir si es necesario.	S	52	5	E	€10.833,33
7	8	Motor eléctrico	Verificar visualmente, si la faja presenta desgaste anormal. Corregir si es necesario.	S	52	10	M	€21.666,67
8	9	Guardamotor	Verificar que los tornillos de los bornes no estén flojos y realizar limpieza de polvo con aire comprimido del guardamotor de las fresas verticales. Corregir si es necesario.	S	52	5	E	€10.833,33
9	10	Motor eléctrico	Realizar limpieza superficial del motor del sistema de corte vertical y verificar el estado del rodamiento. Corregir si es necesario.	A	1	40	E	€1.666,67
10	11	Motor eléctrico	Verificar que el motor tenga la cubierta en su lugar. Corregir si es necesario.	S	52	20	M	€43.333,33
11	12	Cobertor de fresas	Verificar que las fresas tengan los cobertores. Corregir si es necesario.	S	52	20	M	€43.333,33

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 20. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de ajuste de la molduradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL		Hoja 1 de 2				
EQUIPO: MOLDURADORA								
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de ajuste								
1	1	Motor eléctrico	Realizar limpieza superficial del motor de ajuste radial de la fresa vertical y verificar el estado del rodamiento. Corregir si es necesario.	TR	4	20	E	₡3.333,33
2	2	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 el tornillo roscado de ajuste radial de fresa vertical. Corregir si es necesario.	T	1092	2	A	₡36.400,00
3	3	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 el tornillo roscado de ajuste axial de fresa vertical. Corregir si es necesario.	T	1092	2	A	₡36.400,00
<p>*PER= Período de las inspecciones (T= Turnos=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador).</p>								

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL		Hoja 2 de 2				
EQUIPO: MOLDURADORA								
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de ajuste								
4	4	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 tornillo roscado del ajuste radial de fresa horizontal. Corregir si es necesario.	T	1092	2	A	€36.400,00
5	5	Eje fresa horizontal	Realizar limpieza de la superficie del eje con lija 1000 y lubricar con WD-40 la superficie del eje de la fresa horizontal cada cambio de cuchillas. Corregir si es necesario.	T	1092	2	O	€54.600,00
6	6	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 el tornillo roscado de ajuste axial de fresa horizontal. Corregir si es necesario.	T	1092	2	A	€36.400,00
7	7	Cardán	Verificar el estado (juego en la cruz) de la cruz de los cardanes. Informar	S	52	10	M	€21.666,67

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual).*FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador).

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 21. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de lubricación manual de la molduradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015					
EQUIPO: MOLDURADORA			CÓDIGO: 56- SEC-LMQ-MOL	Hoja 1 de 1				
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTO	
Sistema de lubricación manual								
1	1	Bomba mecánica	Verificar el nivel de aceite de la bomba. Utilizar aceite SAE 20 o SAE 30. Informar.	T	1092	1	O	€27.300,00
2	2	Bomba mecánica	Revisar estado (rotas o desconectadas) de mangueras del sistema de lubricación. Corregir si es necesario.	S	52	5	L	€8.666,67
3	3	Bomba mecánica	Medir con un manómetro que la presión de lubricación sea de 3,5 kg/cm ² . Informar	M	13	15	L	€6.500,00
4	4	Bomba mecánica	Realizar lubricación tirando una vez a la semana de la palanca de la bomba manual. Informar.	S	52	2	L	€3.466,67
<p>*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecanico, E=Electrico, L=Lubricador, O=Operador).</p>								

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 22. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de lubricación automática de la molduradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015					
EQUIPO: MOLDURADORA			CÓDIGO: 56- SEC-LMQ-MOL	Hoja 1 de 1				
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTO	
Sistema de lubricación automática								
1	1	Bomba automática	Verificar el nivel del aceite en el tanque de reserva. Utilizar aceite SAE 20 o SAE 30. Informar	T	1092	1	O	∅27.300,00
2	2	Mangueras	Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de lubricación. Corregir si es necesario	S	52	5	L	∅8.666,67
3	4	Acoples	Verificar si existen fugas en los acoples del sistema de lubricación automática. Corregir si es necesario	S	52	5	L	∅8.666,67
<p>*PER= Período de las inspecciones (T= Turno, S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador).</p>								

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 23. Manual de mantenimiento preventivo del sistema neumático de la molduradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015					
EQUIPO: MOLDURADORA			CÓDIGO: 56- SEC-LMQ-MOL		Hoja 1 de 2			
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTO	
Sistema de neumático								
1	2	Compresor	Verificar si hay fugas y medir si la presión marca 80 psi con un manómetro. Informar.	M	13	10	M	Ⱶ5.416,67
2	3	Pistón de doble efecto	Revisar el estado (roto o presenta fugas) del cilindro. Informar.	M	13	5	M	Ⱶ2.708,33
2	4	Pistón de doble efecto	Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de neumático. Corregir si es necesario	S	52	5	M	Ⱶ10.833,33
<p>*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador).</p>								

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
EQUIPO: MOLDURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL		Hoja 2 de 2				
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTO	
Sistema de neumático								
3	6	Plato quebrador de virutas primera etapa.	Verificar si existen fugas en los acoples y observar que se tengan todas las mangueras conectadas del plato quebrador de virutas. Corregir si es necesario	S	52	10	M	€21.666,67
5	7	Pistón simple de efecto	Revisar el estado (roto o presenta fugas) del cilindro. Informar	M	13	5	M	€2.708,33
6	8	Plato quebrador de virutas segunda etapa.	Verificar si existen fugas en los acoples y observar que se tengan todas las mangueras conectadas del plato quebrador de virutas. Corregir si es necesario.	S	52	10	M	€21.666,67

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador).

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 24. Manual de mantenimiento preventivo del sistema eléctrico de la molduradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA		SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS						
EQUIPO: MOLDURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015				
				Hoja 1 de 2				
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTO	
Sistema de eléctrico								
1	2	Botoneras, Finales de carrera, etc. Para sistema de 220 V.	Realizar limpieza en los contactos de los dispositivos de entrada. Utilizar limpiador de contactos y aire comprimido. Corregir si es necesario.	M	13	30	E	16.250,00
2	3	Botoneras, Finales de carrera, etc. Para sistema de 220 V.	Verificar conexiones y medir continuidad. Informar.	M	13	35	E	18.958,33
3	5	Bobina del contactor. Para sistema 220V.	Inspección visual de la bobina del contactor. Informar	A	1	10	E	416,67
4	6	Contactador. Para sistema de 220V.	Medir continuidad de contactos de potencia. Informar.	A	1	20	E	833,33
*PER= Período de las inspecciones (T= Turno, S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador).								

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL		Hoja 2 de 2				
EQUIPO: MOLDURADORA								
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTO	
Sistema de eléctrico								
5	7	Sensores inductivos para sistema de 24 V en dc.	Revisar si el sensor tiene golpes en la superficie o se encuentra desconectado. Corregir si es necesario.	E	2	30	E	2.500,00
6	8	Sensores inductivos para sistema de 24 V en dc.	Medición de continuidad. Informar.	E	2	30	E	2.500,00
7	10	Relé para sistema de 24 V en dc.	Inspección visual y medir continuidad. Corregir si es necesario.	E	2	35	E	2.916,67
8	12	Fuente de poder para sistema de 24 V en dc.	Inspección visual del estado del cableado	E	2	20	E	1.666,67
<p>*PER= Período de las inspecciones (T= Turno, S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador).</p>								

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 25. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de tracción de la ranuradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
EQUIPO: RANURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN		Hoja 1 de 2				
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de tracción								
1	2	Guardamotor	Limpiar el polvo, antes de arrancar el equipo se debe de soplar el panel eléctrico con aire comprimido. Informar.	T	1092	2	A	€36.400,00
2	3	Motor eléctrico	Revisar el estado de las fajas (que no estén desgastadas o tengan grietas) del motor de tracción. El sistema de tracción utiliza fajas HI-Miler V-Belt 22460 (15AV1155).Corregir si es necesario.	TR	4	10	M	€1.666,67
3	4	Motor eléctrico	Revisar que no se tengan fajas flojas del motor de tracción. Corregir si es preciso.	TR	4	10	M	€1.666,67
4	5	Variador de frecuencia	Verificar visualmente, que no se encuentren cables desconectados del sensor de velocidad. Corregir si es obligatorio.	S	52	5	E	€10.833,33
5	7	Variador de frecuencia	Verificar visualmente si está colocado tornillo que emite la señal del sensor de velocidad. Corregir si es necesario.	S	52	5	E	€10.833,33

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual).*FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EMPRESA: PIYCEM
 CONSTRUSISTEMAS
 PLANTA: COSTA RICA
 ÁREA: SECUNDARIA



SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS

FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015

EQUIPO: RANURADORA

CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN

Hoja 2 de 3

No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS
-----	----------	------------	------	------	------	------	--------

Sistema de tracción

6	9	Eje de rodillo de poliuretano	Realizar un análisis de ultrasónico para saber el estado de la espiga del eje de los rodillos de poliuretano. Informar.	A	1	45	Ext	NO
7	10	Rodillos de poliuretano	Verificar visualmente el estado de los rodillos de poliuretano. Informar	T	1092	1	O	€27.300,00
8	12	Eje de rodillo de poliuretano	Verificar visualmente que el rodillo tenga movimiento. Informar	T	1092	1	O	€27.300,00
9	13	Rodillo metálico	Verificar visualmente que el rodillo metálico tenga movimiento. Informar	T	1092	1	A	€18.200,00
10	14	Cardán de rodillo metálico	Inspeccionar que el cardán tenga la cuña. Corregir si es necesario.	S	52	5	M	€10.833,33
11	15	Cardán de rodillo metálico	Revisar el estado de la corona en la caja reductora de tracción de rodillos. Corregir si es necesario.	E	2	25	M	€2.083,33

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno, S= Semanal, M= Mensual, TR= Trimestral, E= Semestral, A= Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC= Técnico asignado para realizar el trabajo (M= Mecánico, E= Eléctrico, L= Lubricador, O= Operador, A= Ayudante, Ext= Externo).

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
EQUIPO: RANURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN		Hoja 3 de 3				
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de tracción								
12	16	Caja reductora	Realizar cambio de aceite de las cajas reductoras del sistemas de tracción. Utilizar aceite Mobil Gear 600XP 220. Cambiar	TR	4	30	L	€1.666,67
13	17	Caja reductora	Verificar el nivel de aceite y que no tengan fugas de la caja reductora del sistema de tracción. Rellenar en caso de bajo nivel de aceite. Utilizar aceite Mobil Gear 600XP 220. Informar.	S	52	10	L	€4.000,00
14	18	Caja reductora	Revisar que los tornillos de la tapa de la caja reductora de subir y bajar los rodillos no estén flojos. Corregir si es necesario.	S	52	10	M	€21.666,67
15	19	Tornillo roscado	Lubricar el tornillo roscado de la caja reductora. Corregir si es necesario.	S	52	5	M	€10.833,33

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 26. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de corte de la ranuradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
EQUIPO: RANURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN		Hoja 1 de 3				
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de corte								
1	2	Motor eléctrico	Revisar el estado de las fajas (que no estén desgastadas o tengan grietas) del motor de corte principal. El sistema de corte del eje principal usa fajas tipo B134 .Corregir si es necesario	TR	4	10	M	₡1.666,67
2	3	Contactador	Realizar limpieza de contactor con aire comprimido. Corregir si es necesario.	S	52	5	E	₡10.833,33
3	5	Eje principal	Verificar el estado de la espiga del eje principal. Su diámetro debe de medir 50 mm. Informar.	TR	4	5	M	₡833,33
4	6	Cuña de eje principal de corte.	Verificar ajuste mecánico de la cuña en el eje principal de corte. Informar.	TR	4	5	M	₡833,33
*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual).*FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).								

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
EQUIPO: RANURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN		Hoja 2 de 3				
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de corte								
5	7	Chumacera de eje principal	Verificar que no se tengan tornillos flojos en la base de la chumacera del eje principal. Corregir si es necesario.	S	52	20	M	€43.333,33
6	9	Porta roll	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar e inspeccionar rodamiento de porta roll del eje principal. El rodamiento utilizado es 2211-K-2RS1. Corregir si es necesario.	T	1092	2	O	€54.600,00
7	11	Eje principal	Verificar visualmente alineamiento de acople y observar si hay tornillos flojos en la cola de milano de ajuste de altura. Corregir si es necesario.	T	1092	5	O	€136.500,00

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual).*FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EMPRESA : PIYCEM	
CONSTRUSISTEMAS	
PLANTA: COSTA RICA	
ÁREA: SECUNDARIA	
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS	FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015
EQUIPO: RANURADORA	CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN Hoja 3 de 3

No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS
Sistema de corte							
8	Chumacera de eje principal	Realizar cambio de rodamientos de la chumacera del eje principal. Los rodamientos utilizados en la chumacera son FAG 6312 Germany 224B.B. Cambiar	A	1	180	M	€7.500,00
9	Fresa vertical	Realizar limpieza en el área de giro de la fresa. Cada cambio de fresa. Informar.	T	1092	3	A	€54.600,00
10	Motor eléctrico	Revisar el estado de las fajas (que no estén desgastadas o tengan grietas) del motor de corte vertical. El sistema de corte de corte usa fajas 55x1060 tipo plana. Corregir si es necesario	TR	4	10	M	€1.666,67
11	Fresa vertical	Realizar limpieza de contactor con aire comprimido de la fresa vertical. Corregir si es necesario.	S	52	5	E	€10.833,33
12	Cobertor de fresas	Verificar que las fresas tengan los cobertores. Corregir si es necesario	S	52	5	M	€10.833,33

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo)

Apéndice 27. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de ajuste de la ranuradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN		Hoja 1 de 2				
EQUIPO: RANURADORA								
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de ajuste								
1	1	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricación con WD-40 de tornillo de ajuste radial de eje principal de corte. Corregir si es necesario.	T	1096	2	A	₡36.533,33
2	2	Tornillo roscado	Verificar desgaste de la rosca del tornillo de ajuste radial de eje principal. Informar.	S	52	2	M	₡4.333,33
3	4	Caja reductora	Revisar que los tornillos de las tapas de las cajas reductoras de subir y bajar el eje principal no estén flojos. Corregir si es necesario.	S	52	5	M	₡10.833,33
4	5	Cola de milano	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 las colas de milano del ajuste radial del eje principal. Utilizar una grasa EP-0. Corregir si es necesario.	S	52	5	L	₡8.666,67

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno, S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015					
EQUIPO: RANURADORA			CÓDIGO: 56-SEC- LMQ-RAN		Hoja 2 de 2			
No.	SUBPARTE	INSPECCION	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de ajuste								
5	6	Tornillo roscado	Realizar limpieza y lubricación con WD-40 del tornillo de ajuste axial del eje principal. Corregir si es necesario.	T	1096	2	A	€36.533,33
6	7	Tornillo roscado	Verificar visualmente desgaste de tonillo roscado de ajuste axial. Informar	S	52	2	M	€4.333,33
7	8	Cola de milano	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 cola de milano de ajuste axial del eje principal. Corregir si es necesario.	S	52	10	M	€21.666,67
8	9	Motor eléctrico	Realizar limpieza superficial del motor del sistema de corte vertical y verificar el estado del rodamiento. Corregir si es necesario.	A	1	40	E	€1.666,67
9	10	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar tornillo roscado de ajuste radial con WD-40. Corregir si es necesario.	S	52	5	L	€8.666,67
10	11	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar tornillo roscado de ajuste axial con WD-40. Corregir si es necesario.	S	52	5	L	€8.666,67

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno, S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecanico, E=Electrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 28. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de neumático de la ranuradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
EQUIPO: RANURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN		Hoja 1 de 1				
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema neumático								
1	2	Compresor	Verificar si hay fugas y medir si la presión marca 80 psi en un manómetro. Informar.	M	13	10	M	∅5.416,67
2	4	Pistón simple de	Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de neumático. Corregir si es necesario	S	52	5	M	∅10.833,33
4	6	Manómetro	Verificar estado de manómetros para pistones de primera etapa. Informar.	M	13	5	M	∅2.708,33
5	9	Pistón de doble efecto	Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de neumático. Corregir si es necesario	S	52	5	M	∅10.833,33
7	11	Manómetro	Verificar estado de manómetros para pistones de la segunda etapa. Informar	M	13	5	M	∅2.708,33

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno, S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 29. Manual de mantenimiento preventivo del sistema de eléctrico de la ranuradora.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM								
CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA		FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015						
EQUIPO: RANURADORA		CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN		Hoja 5 de 5				
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de eléctrico								
1	2	Botoneras, Finales de carrera, etc. Para sistema de 220 V.	Realizar limpieza en los contactos de los dispositivos de entrada. Utilizar limpiador de contactos y aire comprimido. Corregir si es necesario.	M	13	30	E	€16.250,00
2	3	Botoneras, Finales de carrera, etc. Para sistema de 220 V.	Verificar conexiones y medir continuidad. Informar.	M	13	35	E	€18.958,33
3	5	Bobina del contactor. Para sistema 220V.	Inspección visual de la bobina del contactor. Informar	A	1	10	E	€416,67
4	6	Contactador. Para sistema de 220V.	Medir continuidad de contactos de potencia. Informar.	A	1	20	E	€833,33

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno, S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS								
PLANTA: COSTA RICA								
ÁREA: SECUNDARIA								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: 27-04-2015					
EQUIPO: RANURADORA			CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN		Hoja 5 de 5			
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	PER*	FRE*	DUR*	TEC*	COSTOS	
Sistema de eléctrico								
5	7	Sensores inductivos para sistema de 24 V en dc.	Revisar si el sensor tiene golpes en la superficie o se encuentra desconectado. Corregir si es necesario	E	2	30	E	€2.500,00
6	8	Sensores inductivos para sistema de 24 V en dc.	Medición de continuidad. Informar.	E	2	30	E	€2.500,00
7	10	Relé para sistema de 24 V en dc.	Inspección visual y medir continuidad. Corregir si es necesario.	E	2	35	E	€2.916,67
8	12	Fuente de poder para sistema de 24 V en dc.	Inspección visual del estado del cableado. Informar	E	2	20	E	€1.666,67

*PER= Período de las inspecciones (T= Turno,S=Semanal, M=Mensual, TR=Trimestral, E=Semestral, A=Anual). *FRE= Frecuencia estimada para un programa de 52 semanas. DUR= Tiempo en minutos de duración estimada para realizar la inspección. *TEC=Técnico asignado para realizar el trabajo (M=Mecánico, E=Eléctrico, L=Lubricador, O=Operador, A=Ayudante, Ext=Externo).

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 30. Formulario para Inspecciones por turno para molduradora.

EMPRESA : PLYCEM CONSTRUSISTEMAS				FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR TURNO 												FECHA DE ELABORACIÓN: / /									
PLANTA: COSTA RICA																Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada									
ÁREA: SECUNDARIA																									
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS																									
EQUIPO: MOLDURADORA																									
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL				Tipo de inspección: Operario (O) ___ Ayudante* (A) ___						Hoja 1 de 4															
No.	SUBPARTE	INSPECCION	L			K			M			J			V			S			D			TEC	
Sistema de tracción			T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		
1	2	Guardamotor	Limpiar el polvo, antes de arrancar el equipo se debe soplar el panel eléctrico con aire comprimido. Corregir si es necesario.																						A
7	11	Rodillo de poliuretano	Revisar el estado de los rodillos y mantener rodillos disponibles. Informar.																						O
OBSERVACIONES:			INSPECCIÓN			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO				
			Día			Turno 1			Turno 2			Turno 3													
			L																						
			K																						
			M																						
			J																						
			V																						
			S																						
			D																						

Fuente: Elaboración propia

EMPRESA : PLYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR TURNO														FECHA DE ELABORACIÓN: / /							
PLANTA: COSTA RICA																							Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada	
ÁREA: SECUNDARIA			Tipo de inspección: Operario (O) ____ Ayudante* (A) ____														Hoja 2 de 4							
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS																								
EQUIPO: MOLDURADORA																								
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL																								
No.	SUBPARTE	INSPECCION	L			K			M			J			V			S			D			TEC
			T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
Sistema de tracción																								
8	13	Eje de rodillo de poliuretano. Verificar visualmente que el rodillo tenga movimiento. Informar.																					O	
9	13	Rodillo metálico liso Verificar visualmente que el rodillo tenga movimiento. Informar.																					O	
10	16	Rodillo metálico acanalado Limpiar el polvo con aire comprimido que se encuentra sobre el rodillo acanalado cada vez que finalice el turno. Corregir si es necesario.																					A	
OBSERVACIONES:			INSPECCIÓN			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			
			Día			Turno 1						Turno 2						Turno 3						
			L																					
			K																					
			M																					
			J																					
			V																					
			S																					
			D																					

Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA : PLYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR TURNO												FECHA DE ELABORACIÓN: / /												
PLANTA: COSTA RICA																					Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada						
ÁREA: SECUNDARIA			Tipo de inspección: Operario (O) ____ Ayudante* (A) ____						Hoja 3 de 4																		
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS																											
EQUIPO: MOLDURADORA																											
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL																											
No.	SUBPARTE	INSPECCION	L			K			M			J			V			S			D			TEC			
			T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
Sistema de ajuste																											
2	2	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 el tornillo roscado de ajuste radial de fresa vertical. Corregir si es necesario.																								A
6	6	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 el tornillo roscado de ajuste axial de fresa horizontal. Corregir si es necesario.																								A
OBSERVACIONES:			INSPECCIÓN			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO						
			Día			Turno 1						Turno 2						Turno 3									
			L																								
			K																								
			M																								
			J																								
			V																								
			S																								
			D																								

Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA : PLYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR TURNO														FECHA DE ELABORACIÓN: / /							
PLANTA: COSTA RICA																							Nota: ✓ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada	
ÁREA: SECUNDARIA																								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS																								
EQUIPO: MOLDURADORA																								
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL			Tipo de inspección: Operario (O) ___ Ayudante* (A) ___																				Hoja 4 de 4	
No.	SUBPARTE	INSPECCION	L			K			M			J			V			S			D			TEC
			T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
Sistema de lubricación manual																								
1	1	Bomba mecánica	Verificar el nivel de aceite de la bomba. Utilizar aceite SAE 20 o SAE 30. Informar.																				O	
Sistema de lubricación automática																								
1	1	Bomba automática	Verificar el nivel del aceite en el tanque de reserva. Utilizar aceite SAE 20 o SAE 30. Informar																				O	
OBSERVACIONES:			INSPECCIÓN			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			
			Día			Turno 1						Turno 2						Turno 3						
			L																					
			K																					
			M																					
			J																					
			V																					
			S																					
			D																					

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 31. Formulario para inspecciones por semana para la molduradora.

EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR SEMANA 			
PLANTA: COSTA RICA						
ÁREA: SECUNDARIA						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /	Nota:	√ = Significa inspeccion realizada	
EQUIPO: MOLDURADORA			SEMANA:		X = Inspección no realizada	
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL			Tipo de inspección: Mecánico(M) ___ Eléctrico (E) ___ Lubricador(L) ___		Hoja 1 de 2	
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Sistema de tracción						
2	3	Guardamotor		E	5	Verificar que los tornillos de los bornes del guardamotor del motor de tracción no se encuentren flojos. Corregir si es necesario.
4	5	Variador de frecuencia		E	5	Verificar visualmente que no se encuentren cables desconectados del sensor de velocidad. Corregir si es necesario.
5	7	Variador de frecuencia		E	5	Verificar visualmente si esta colocado el tornillo que emite señal del sensor de velocidad. Corregir si es necesario.
6	8	Junta movable		L	5	Engrasar junta movable una vez a la semana según lo recomendado por el fabricante. Utilizar una grasa EP-0. Cambiar.
11	17	Caja reductora		M	5	Revisar que los tornillos de las tapas de las cajas reductoras que suben y bajan los rodillos de tracción no estén flojos. Corregir si es necesario.
Sistema de corte						
6	6	Guardamotor		E	5	Verificar que los tornillos de los bornes no estén flojos y realizar limpieza de polvo con aire comprimido del guardamotor de las fresas horizontales. Corregir si es necesario.
7	8	Motor eléctrico		M	10	Verificar visualmente si la faja presenta desgaste anormal. Corregir si es necesario.
8	9	Guardamotor		E	5	Verificar que los tornillos de los bornes no estén flojos y realizar limpieza de polvo con aire comprimido del guardamotor de las fresas verticales. Corregir si es necesario.
10	11	Motor eléctrico		M	20	Verificar que el motor tenga la cubierta en su lugar. Corregir si es necesario.
11	12	Cobertor de fresas		M	20	Verificar que las fresas tengan los cobertores. Corregir si es necesario.
MÉCANICO		S.MECÁNICO	LUBRICADOR	S.ELECTRICO		ELÉCTRICO

Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR SEMANA 				
PLANTA: COSTA RICA							
ÁREA: SECUNDARIA							
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /		Nota:	√ = Significa inspeccion realizada	
EQUIPO: MOLDURADORA			SEMANA:			X = Inspección no realizada	
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL			Tipo de inspección: Mecánico(M) ___ Lubricador(L) ___		Hoja 2 de 2		
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES	
Sistema de ajuste							
7	7	Cardán	Verificar el estado (juego en la cruz) de la cruz de los cardanes. Informar		M	10	
Sistema de lubricación manual							
2	2	Bomba mecánica	Revisar estado (rotas o desconectadas) de mangueras del sistema de lubricación. Corregir si es necesario.		L	5	
4	4	Bomba mecánica	Realizar lubricación tirando una vez a la semana de la palanca de la bomba manual. Informar.		L	2	
Sistema de lubricación automática							
2	2	Mangueras	Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de lubricación. Corregir si es necesario.		L	5	
3	4	Acoples	Verificar si existen fugas en los acoples del sistema de lubricación automática. Corregir si es necesario.		L	5	
Sistema de lubricación neumático							
2	4	Pistón de doble efecto	Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de neumático. Corregir si es necesario		M	5	
3	6	Plato quebrador de virutas primera etapa.	Verificar si existen fugas en los acoples y observar que se tengan todas las mangueras conectadas del plato quebrador de virutas. Corregir si es necesario		M	10	
6	8	Plato quebrador de virutas segunda etapa.	Verificar si existen fugas en los acoples y observar que se tengan todas las mangueras conectadas del plato quebrador de virutas. Corregir si es necesario.		M	10	
MÉCANICO			S.MECÁNICO	LUBRICADOR	S.ELÉCTRICO		ELÉCTRICO

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 33. Formulario de inspecciones por trimestre para la molduradora.

EMPRESA: PIYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR TRIMESTRE			
PLANTA: COSTA RICA						
ÁREA: SECUNDARIA						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /		Nota:	√ = Significa inspeccion realizada
EQUIPO: MOLDURADORA			TRIMESTRE:			X = Inspección no realizada
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL			Tipo de inspección: Mecánico(M) ___ Eléctrico (E) ___		Hoja 1 de 1	
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Sistema de tracción						
3	4	Motor eléctrico		M	10	
Revisar el estado de las fajas (que no esten desgastadas o tengan grietas) del motor de tracción. El sistema de tracción utiliza fajas 22-450. Corregir si es necesario.						
Sistema de corte						
1	1	Motor eléctrico		M	10	
Revisar el estado de las fajas (que no esten desgastadas o tengan grietas) del motor de corte vertical. El sistema de corte del corte vertical usa fajas tipo: 55X1390, 55X2180,70X900 . Corregir si es necesario.						
2	2	Motor eléctrico		M	10	
Revisar el estado de las fajas (que no esten desgastadas o tengan grietas) del motor de corte horizontal. El sistema de corte del corte horizontal usa fajas tipo: 1088-8YU, 1080-8YU, 944-8YU. Corregir si es necesario.						
Sistema de ajuste						
1	1	Motor eléctrico		E	20	
Realizar limpieza superficial del motor de ajuste radial de la fresa vertical y verificar el estado del rodamiento. Corregir si es necesario.						Fuente:
FIRMA MÉCANICO			FIRMA SUPERVISOR MECÁNICO		FIRMA LUBRICADOR	
					FIRMA SUPERVISOR ELÉCTRICO	
					FIRMA ELÉCTRICO	

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 34. Formulario de inspecciones por semestre para la molduradora.

EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR SEMESTRE 			
PLANTA: COSTA RICA						
ÁREA: SECUNDARIA						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /	Nota:		√ = Significa inspeccion realizada
EQUIPO: MOLDURADORA			SEMESTRE:			X = Inspección no realizada
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL			Tipo de inspección: Mecánico(M) _____ Eléctrico (E) ____ Externo (Ext) ____	Hoja 1 de 1		
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Sistema de corte						
4	4	Eje de fresa horizontal.		Ext	60	Análisis de ultrasonido al eje de la fresa de corte horizontal. Informar.
Sistema de eléctrico						
5	7	Sensores inductivos para sistema de 24 V en dc.		E	30	Revisar si el sensor tiene golpes en la superficie o se encuentra desconectado. Corregir si es necesario.
6	8	Sensores inductivos para sistema de 24 V en dc.		E	30	Medición de continuidad. Informar.
7	10	Relé para sistema de 24 V en dc.		E	35	Inspección visual y medir continuidad. Corregir si es necesario.
8	12	Fuente de poder para sistema de 24 V en dc.		E	20	Inspección visual del estado del cableado
FIRMA MÉCANICO		FIRMA SUPERVISOR MECÁNICO	FIRMA LUBRICADOR	FIRMA SUPERVISOR ELÉCTRICO		FIRMA ELÉCTRICO

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 35. Formulario de inspecciones por año para la molduradora.

EMPRESA : PLYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR AÑO							
PLANTA: COSTA RICA										
ÁREA: SECUNDARIA										
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /		Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada					
EQUIPO: MOLDURADORA			AÑO:							
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-MOL			Tipo de inspección: Eléctrico (E) ___		Hoja 1 de 1					
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES				
Sistema de corte										
5	5	Motor eléctrico		E	40					
9	10	Motor eléctrico		E	40					
Sistema de eléctrico										
3	5	Bobina del contactor. Para sistema 220V.		E	10					
4	6	Contactador. Para sistema de 220V.		E	20					
FIRMA MÉCANICO		FIRMA SUPERVISOR MECÁNICO	FIRMA LUBRICADOR	FIRMA SUPERVISOR ELÉCTRICO			FIRMA ELÉCTRICO			

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 36. Formularios de inspección por turno para la ranuradora.

EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR TURNO </div> 															FECHA DE ELABORACIÓN: / /						
PLANTA: COSTA RICA																		Nota: ✓ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada						
ÁREA: SECUNDARIA																								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS																								
EQUIPO: RANURADORA																								
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN			Tipo de inspección: Operario (O) ____ Ayudante* (A) ____															Hoja 1 de 3						
No.	SUBPARTE	INSPECCIÓN	L			K			M			J			V			S			D			TEC
Sistema de tracción			T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
1	2	Guardamotor	Limpiar el polvo, antes de arrancar el equipo se debe soplar el panel eléctrico con aire comprimido. Corregir si es necesario.																					A
7	10	Rodillos de poliuretano	Verificar visualmente el estado de los rodillos de poliuretano. Informar																					O
8	12	Eje de rodillo de poliuretano	Verificar visualmente que el rodillo tenga movimiento. Informar.																					O
9	13	Rodillo metálico	Verificar visualmente que el rodillo metálico tenga movimiento. Informar																					A
OBSERVACIONES:			INSPECCIÓN			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			
			Día			Turno 1						Turno 2						Turno 3						
			L																					
			K																					
			M																					
			J																					
			V																					
			S																					
			D																					

Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR TURNO														FECHA DE ELABORACIÓN: / /							
PLANTA: COSTA RICA																							Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada	
ÁREA: SECUNDARIA																								
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS																								
EQUIPO: RANURADORA																								
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN			Tipo de inspección: Operario (O) ____ Ayudante* (A) ____																				Hoja 2 de 3	
No.	SUBPARTE	INSPECCION	L			K			M			J			V			S			D			TEC
			T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
Sistema de corte																								
6	9	Porta roll	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar e inspeccionar rodamiento de porta roll del eje principal. El rodamiento utilizado es 2211-K-2RS1. Corregir si es necesario.																				O	
7	11	Eje principal	Verificar visualmente alineamiento de acople y observar si hay tornillos flojos en la cola de milano de ajuste de altura. Corregir si es necesario.																				O	
9	13	Fresa vertical	Realizar limpieza en el área de giro de la fresa. Cada cambio de fresa. Informar.																				A	
OBSERVACIONES:			INSPECCIÓN			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			S.PRODUCCIÓN			TÉCNICO			
			Día			Turno 1						Turno 2						Turno 3						
			L																					
			K																					
			M																					
			J																					
			V																					
			S																					
			D																					

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 37. Formularios de inspección por semana de la ranuradora.

EMPRESA: PIYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR SEMANA 			
PLANTA: COSTA RICA						
ÁREA: SECUNDARIA						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /	Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada		
EQUIPO: RANURADORA			SEMANA:			
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN			Tipo de inspección: Mecánico(M) ___ Eléctrico (E) ___ Lubricador(L) ___	Hoja 1 de 2		
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Sistema de tracción						
4	5	Variador de frecuencia		E	5	
5	7	Variador de frecuencia		E	5	
10	14	Cardán de rodillo metálico		M	5	
13	17	Caja reductora		L	10	
14	18	Caja reductora		M	10	
15	19	Tornillo roscado		M	5	
Sistema de corte						
2	3	Contactador		E	5	
5	7	Chumacera de eje principal		M	20	
11	16	Fresa vertical		E	5	
12	17	Cobertor de fresas		M	5	
FIRMA MÉCANICO		FIRMA SUPERVISOR MECÁNICO		FIRMA LUBRICADOR		FIRMA SUPERVISOR ELÉCTRICO
						FIRMA ELÉCTRICO

Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA : PLYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR SEMANA 			
PLANTA: COSTA RICA						
ÁREA: SECUNDARIA						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /		Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada	
EQUIPO: RANURADORA			SEMANA:			
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN			Tipo de inspección: Mecánico(M) ___ Lubricador(L) ___		Hoja 2 de 2	
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Sistema de ajuste						
2	2	Tornillo roscado	Verificar desgaste de la rosca del tornillo de ajuste radial de eje principal. Informar.	M	2	
3	4	Caja reductora	Revisar que los tornillos de las tapas de las cajas reductoras de subir y bajar el eje principal no estén flojos. Corregir si es necesario.	M	5	
4	5	Cola de milano	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 las colas de milano del ajuste radial del eje principal. Utilizar una grasa EP-0. Corregir si es necesario.	L	5	
6	7	Tornillo roscado	Verificar visualmente desgaste de tonillo roscado de ajuste axial. Informar	M	2	
7	8	Cola de milano	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar con WD-40 cola de milano de ajuste axial del eje principal. Corregir si es necesario.	M	10	
9	10	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar tornillo roscado de ajuste radial con WD-40. Corregir si es necesario.	L	5	
10	11	Tornillo roscado	Realizar limpieza con aire comprimido y lubricar tornillo roscado de ajuste axial con WD-40. Corregir si es necesario.	L	5	
Sistema neumático						
2	4	Pistón de simple	Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de neumático. Corregir si es necesario	M	5	
5	9	Pistón de doble efecto	Revisar el estado (rotas o desconectadas) de las mangueras del sistema de neumático. Corregir si es necesario.	M	5	
FIRMA MÉCANICO		FIRMA SUPERVISOR MECÁNICO		FIRMA LUBRICADOR		FIRMA SUPERVISOR ELÉCTRICO
						FIRMA ELÉCTRICO

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 38. Formulario de inspecciones por mes para la ranuradora.

EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR MES 			
PLANTA: COSTA RICA						
ÁREA: SECUNDARIA						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /		Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada	
EQUIPO: RANURADORA			MES:			
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN			Tipo de inspección: Mecánico(M) ___		Hoja 1 de 1	
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Sistema de neumático						
1	2	Compresor		M	10	
4	6	Manómetro		M	5	
7	11	Manómetro		M	5	
Sistema de eléctrico						
1	2	Botoneras, Finales de carrera, etc. Para sistema de 220 V.	Realizar limpieza en los contactos de los dispositivos de entrada. Utilizar limpiador de contactos y aire comprimido. Corregir si es necesario.	E	30	
2	3	Botoneras, Finales de carrera, etc. Para sistema de 220 V.	Verificar conexiones y medir continuidad. Informar.	E	35	
FIRMA MÉCANICO		FIRMA SUPERVISOR MECÁNICO		FIRMA LUBRICADOR		FIRMA SUPERVISOR ELÉCTRICO
						FIRMA ELÉCTRICO

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 39. Formulario de inspecciones por trimestre para la ranuradora.

EMPRESA : PLYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR TRIMESTRE 			
PLANTA: COSTA RICA						
ÁREA: SECUNDARIA						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /	Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada		
EQUIPO: RANURADORA			TRIMESTRE:			
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN			Tipo de inspección: Mecánico(M) ___ Lubricador (L)___	Hoja 1 de 1		
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Sistema de tracción						
2	3	Motor eléctrico		M	10	
3	4	Motor eléctrico		M	10	
12	16	Caja reductora		L	30	
Sistema de corte						
1	2	Motor eléctrico		M	10	
3	5	Eje principal		M	5	
4	6	Cuña de eje principal de corte.		M	5	
10	15	Motor eléctrico		M	10	
FIRMA MÉCANICO		FIRMA SUPERVISOR MECÁNICO		FIRMA LUBRICADOR		FIRMA SUPERVISOR ELÉCTRICO
						FIRMA ELÉCTRICO

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 40. Formulario de inspecciones por semestre para la ranuradora.

EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS				FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR SEMESTRE 		
PLANTA: COSTA RICA						
ÁREA: SECUNDARIA						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS				FECHA DE ELABORACIÓN: / /		Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada
EQUIPO: RANURADORA				SEMESTRE:		
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN				Tipo de inspección: Mecánico(M) ___ Eléctrico (E) ___		Hoja 1 de 1
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Sistema de tracción						
11	15	Cardán de rodillo metálico	Revisar el estado de la corona en la caja reductora de tracción de rodillos. Corregir si es necesario.	M	25	
Sistema de eléctrico						
5	7	Sensores inductivos para sistema de 24 V en dc.	Revisar si el sensor tiene golpes en la superficie o se encuentra desconectado. Corregir si es necesario.	E	30	
6	8	Sensores inductivos para sistema de 24 V en dc.	Medición de continuidad. Informar.	E	30	
7	10	Relé para sistema de 24 V en dc.	Inspección visual y medir continuidad. Corregir si es necesario.	E	35	
8	12	Fuente de poder para sistema de 24 V en dc.	Inspección visual del estado del cableado	E	20	
FIRMA MÉCANICO		FIRMA SUPERVISOR MECÁNICO		FIRMA LUBRICADOR		FIRMA SUPERVISOR ELÉCTRICO
						FIRMA ELÉCTRICO

Fuente: Elaboración propia.

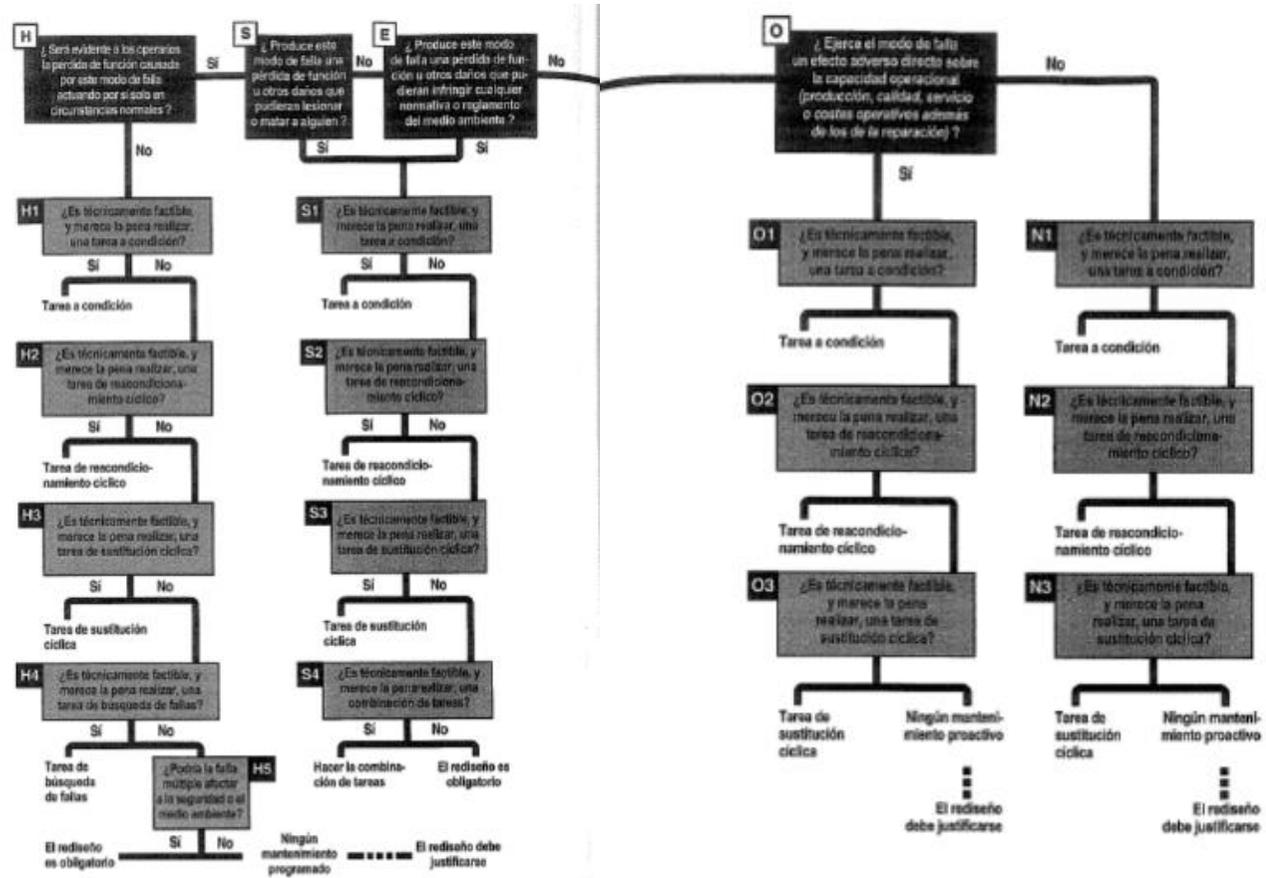
Apéndice 41. Formulario de inspecciones por año para la ranuradora.

EMPRESA : PIYCEM CONSTRUSISTEMAS			FORMULARIO PARA INSPECCIONES POR AÑO 			
PLANTA: COSTA RICA						
ÁREA: SECUNDARIA						
SUBÁREA: LÍNEA DE MAQUINADOS			FECHA DE ELABORACIÓN: / /	Nota: √ = Significa inspeccion realizada X = Inspección no realizada		
EQUIPO: RANURADORA			AÑO:			
CÓDIGO: 56-SEC-LMQ-RAN			Tipo de inspección: Mecánico (M) ___ Eléctrico (E) ___ Externo (Ext) ___	Hoja 1 de 1		
No.	SUBPARTE	INSPECCION	ESTADO	TEC	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Sistema de tracción						
6	9	Eje de rodillo de poliuretano		Ext	40	Realizar un análisis de ultrasonico para saber el estado de la espiga del eje de los rodillos de poliuretano. Informar.
Sistema de corte						
8	12	Chumacera de eje principal		M	180	Realizar cambio de rodamientos de la chumacera del eje principal. Los rodamientos utilizados en la chumacera son FAG 6312 Germany 224B.B. Cambiar
Sistema de ajuste						
8	9	Motor eléctrico		E	40	Realizar limpieza superficial del motor del sistema de corte vertical y verificar el estado del rodamiento. Corregir si es necesario.
Sistema de eléctrico						
3	5	Bobina del contactor. Para sistema 220V.		E	10	Inspección visual de la bobina del contactor. Informar
4	6	Contactor. Para sistema de 220V.		E	20	Medir continuidad de contactos de potencia. Informar.
FIRMA MÉCANICO			FIRMA SUPERVISOR MECÁNICO			FIRMA LUBRICADOR
FIRMA SUPERVISOR ELÉCTRICO			FIRMA ELÉCTRICO			FIRMA ELÉCTRICO

Fuente:

Elaboración propia.

Anexo 1. Diagrama de decisión.



Fuente: Moubray,1997.