

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
UNA LÍNEA DE LAMINADO PARA VIDRIO PLANO
DE CAPACIDAD 5000 mm x 2600 mm x 60 mm**

INFORME DE INGENIERÍA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**ELABORADO POR
JOSÉ FERNANDO RUMALDO CASTILLA**

PROMOCIÓN 2006-I

LIMA-PERU

2015

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	i
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	3
INTRODUCCION	3
1.1 Antecedentes	4
1.2 Objetivos	4
1.3 Alcances	4
1.4 Justificación	4
1.5 Limitaciones	5
CAPITULO II	6
MARCO TEORICO	6
2.1 Evolución del mantenimiento	6
2.1.1 Primera generación	7
2.1.2 Segunda generación	7
2.1.3 Tercera generación	8
2.2 Estrategias del mantenimiento	9
2.2.1 Mantenimiento correctivo	10
2.2.2 Mantenimiento preventivo	10
2.2.2.1 Mantenimiento preventivo con base en las condiciones	10
2.2.2.2 Mantenimiento preventivo con base en estadística y confiabilidad	10
2.2.3 Mantenimiento de oportunidad	11
2.2.4 Detección de fallas	11
2.2.5 Modificación del diseño	11
2.2.6 Reparación general	12
2.2.7 Reemplazo	12
2.3 Estrategias del mantenimiento moderno	12
2.3.1 Confiabilidad operacional	13
2.3.1.1 Confiabilidad humana	13
2.3.1.2 Confiabilidad de los procesos	14
2.3.1.3 Confiabilidad de los activos	14
2.3.1.4 Confiabilidad de diseño	14
2.3.2 Aplicación de la confiabilidad	15

2.3.3	Estrategias de la confiabilidad	15
2.3.3.1	Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	15
2.3.3.2	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	16
2.3.3.3	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	16
2.3.4	Herramientas de la confiabilidad	17
2.3.4.1	Análisis de Criticidad (CA)	17
2.3.4.2	Análisis de los modos y efectos de falla (FMEA)	18
2.3.4.3	Análisis causa raíz (RCA)	18
2.3.4.4	Inspección basada en riesgo (RBI)	19
2.3.4.5	Análisis Costo Riesgo Beneficio (BRCA)	19
2.3.4.6	Costo del ciclo de vida (LCC)	20
2.4	Indicadores de mantenimiento	21
2.4.1	Número de fallas	21
2.4.2	Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)	21
2.4.3	Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)	22
2.4.4	Disponibilidad	22
CAPITULO III		24
LA EMPRESA Y LA LÍNEA DE LAMINADO		24
3.1	La Empresa	24
3.1.1	Misión	24
3.1.2	Visión estratégica	24
3.1.3	División arquitectura	25
3.2	Vidrio laminado	25
3.2.1	Vidrio	26
3.2.2	Butiral de Polivinilo (PVB)	26
3.2.3	Características del vidrio laminado	27
3.3	Línea de laminado	27
3.3.1	Subsistemas	28
3.3.2	Proceso de fabricación de vidrio laminado	30
3.3.2.1	Mesa de carga	30
3.3.2.2	Lavadora y secadora	32
3.3.2.3	Mesa de acercamiento y encuadrado	33
3.3.2.4	Carro de ventosas	34
3.3.2.5	Mesa de composición y desbarbado	34
3.3.2.6	Estructura de soporte y desbobinado de PVB	34
3.3.2.7	Horno de calefacción N° 1	35
3.3.2.8	Prensa de láminas compuestas N° 1	36
3.3.2.9	Horno de calefacción N° 2	37
3.3.2.10	Prensa de láminas compuestas N° 2	37
3.3.2.11	Mesa de descarga	37

CAPITULO IV	38
EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO INICIAL	38
4.1 Documentación técnica	38
4.2 Características técnicas del equipo	39
4.3 Departamento de mantenimiento	40
4.4 Nivel técnico del personal de mantenimiento	41
4.5 Orden de repuestos	43
4.6 Orden de trabajo	43
4.7 Historial de mantenimiento	45
4.8 Indicadores de mantenimiento	46
4.8.1 Número de Fallas	47
4.8.2 Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)	47
4.8.3 Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)	48
4.8.4 Disponibilidad	48
CAPITULO V	49
ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	49
5.1 Análisis de Falla	49
5.1.1 Identificación de las fallas más prioritarias	50
5.1.1.1 Costos por falla	50
5.1.1.2 Diagrama de Pareto	52
5.1.2 Descripción de las fallas	53
5.1.2.1 Falla N° 1, error en medida de temperatura, sensor horno N° 1	53
5.1.2.2 Falla N° 2, se ensucio rodillo aislante del horno N°2	54
5.1.2.3 Falla N° 3, rotura de resistencia de calentamiento de agua	55
5.1.2.4 Falla N° 4, ruido en rodamiento, zona horno N°1	55
5.1.2.5 Falla N° 5, cae lubricante sobre vidrio, mesa de encuadre	56
5.1.3 Análisis de las causas	59
5.1.4 Solución e Implementación	65
5.2 Gestión de Información	67
5.2.1 Ficha técnica del equipo	67
5.2.2 Nivel de Criticidad	72
5.2.3 Formato de informe y prevención de fallas	74

5.2.4	Catálogo de códigos de falla	74
5.2.5	Stock de repuestos	78
5.3	Sistema de mantenimiento preventivo periódico	78
5.3.1	Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo	78
5.3.2	Frecuencias de mantenimiento	81
5.3.3	Tareas periódicas de mantenimiento	81
5.3.4	Lubricación	87
5.4	Evaluación de los indicadores de mantenimiento	96
5.4.1	Número de fallas	96
5.4.2	Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)	97
5.4.3	Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)	97
5.4.4	Disponibilidad	97
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFIA	102

PRÓLOGO

En el presente informe se muestra la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo a un equipo de producción de vidrios laminados planos al que llamaremos “línea de laminado”, perteneciente a la empresa Corporación Miyasato, el cual sirve para mejorar los indicadores de gestión de mantenimiento del mencionado equipo.

El presente informe consta de cinco capítulos que se detallan a continuación:

En el capítulo 1 se explica los alcances del presente informe y los objetivos por los cuales se presenta un plan de mantenimiento preventivo.

En el capítulo 2 se muestra el marco teórico acerca de la evolución del mantenimiento, la confiabilidad operacional y los principales indicadores en una gestión del mantenimiento.

En el capítulo 3 se detalla las características de la empresa, su visión, misión, las divisiones de negocio de la corporación, entre ellas la división de arquitectura que es la responsable de la producción de vidrio laminado. Se describe la línea de laminado de vidrio, sus componentes principales y funcionamiento.

En el capítulo 4 se detalla como se estuvo desarrollando la gestión del mantenimiento preventivo de la línea de laminado en sus dos primeros meses de operación , mostrando sus respectivos indicadores de mantenimiento.

En el capítulo 5 se presenta el plan de mantenimiento preventivo desarrollado y la evaluación de los indicadores de mantenimiento durante el primer año de operación.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

La Empresa Corporación Miyasato tiene una División de Arquitectura que se encarga de la fabricación de muchos productos siendo una de ellas “vidrio laminado”, para su fabricación se contaba con una variedad de equipos entre ellos: transportadoras, lavadoras, mesas de laminado, prensas y hornos, provenientes de diferentes fabricantes extranjeros y algunas de fabricación artesanal con un tiempo de vida mayor a 15 años.

Un estudio sobre la proyección de la demanda en el mercado peruano indico que necesitaría elevar la capacidad de producción en un 22% de vidrio laminado y sumado a los elevados costos de mantenimiento en estos equipos antiguos, la empresa tomo la decisión de adquirir una línea de laminado de última generación tecnológica que reemplaza a todas las anteriores con una mayor capacidad de producción.

Esta línea de laminado es de procedencia italiana única en el Perú, por lo tanto no existe experiencia anterior en cómo gestionar el mantenimiento en esta clase de equipos, por lo cual en sus dos primeros meses de operación se presentaron múltiples fallas en diferentes partes del equipo y tiempos de paradas muy prolongados, dando como resultado que sus indicadores de mantenimiento no sean buenos, razón por la cual se preparó un plan de mantenimiento preventivo para mejorar los indicadores de mantenimiento del equipo.

1.1 Antecedentes

Se tiene planes de mantenimiento preventivo básicos para cada uno de los equipos que realizan solamente una etapa de todo el proceso de producción de vidrio laminado, y no hay un plan de mantenimiento preventivo específico para un equipo semiautomático de última tecnología el cual realice todo el proceso de producción de vidrio laminado.

Se cuenta con información de inspecciones básicas del nuevo equipo de laminado, suministrado por el fabricante "Bovone S.R.L."

1.2 Objetivos

- Elaborar un Plan de Mantenimiento Preventivo para una línea de laminado de vidrio de capacidad 5000mm.x2600mm.x60mm.
- Mejorar los indicadores de mantenimiento que se presentaron en los dos primeros meses de Operación.

1.3 Alcances

Este informe es de aplicación únicamente a la línea de laminado marca Bovone, el cual produce vidrio laminado para el sector construcción. El plan de mantenimiento preventivo tiene validez aún cuando el mantenimiento se tercerice.

1.4 Justificación

El equipo no presenta un plan de mantenimiento preventivo específico, esto origina que en los dos primeros meses de operación sus indicadores de mantenimiento no sean buenos, es decir que hay una gran cantidad de fallas con prolongados tiempos medios de reparación, cortos tiempos medios entre falla y una baja disponibilidad.

1.5 Limitaciones

En el Perú no existen experiencias anteriores sobre la operación o mantenimiento de este equipo, ya que es el primer equipo que se encuentra en nuestro país. La línea de laminado presenta un simple alcance de inspecciones básicas suministrado por el fabricante. El personal de mantenimiento no está familiarizado con este tipo de proceso continuo y necesita capacitación del fabricante.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Evolución del mantenimiento

El mantenimiento ha evolucionado a través del tiempo, y cada vez existen más herramientas y estrategias que nos facilitan tener una óptima gestión en el mantenimiento de nuestros equipos.

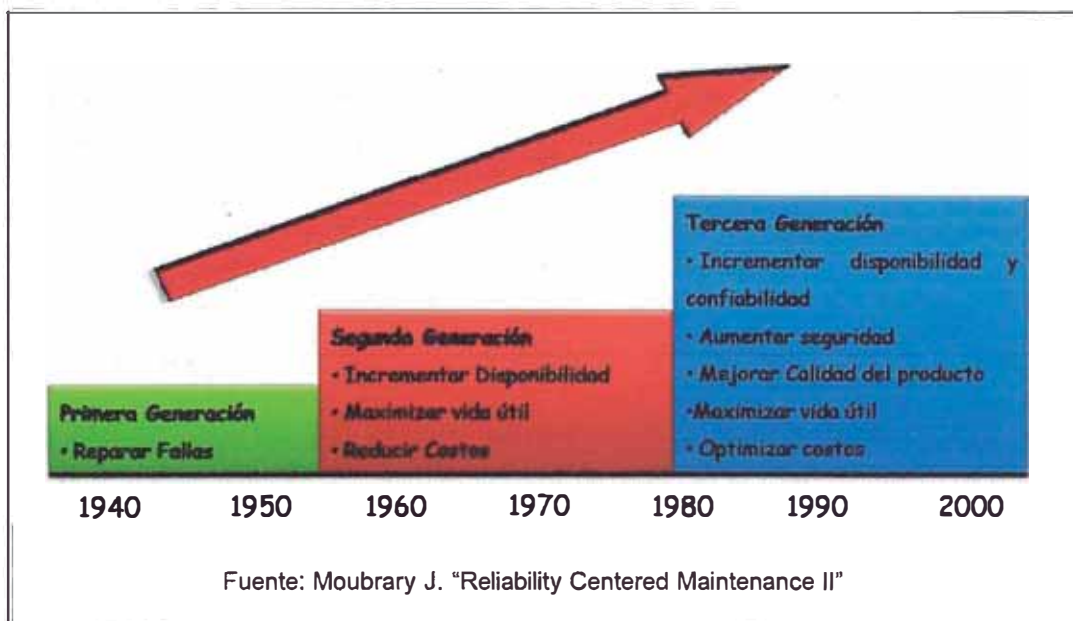


Fig. 2.1 Evolución del mantenimiento.

Podemos estructurar la evolución del mantenimiento en las siguientes tres generaciones:

2.1.1 Primera generación

La primera generación se caracteriza por un reducido grado de mecanización industrial hasta la segunda guerra mundial. La disponibilidad y prevención de fallas no tenían una prioridad elevada en las compañías. La simplicidad del equipamiento y el sobredimensionamiento de una gran cantidad de ellos facilitaban la reparación por un personal sin una elevada especialización. Ello permitía efectuar prácticamente un mantenimiento simple, basado en tareas rutinarias de limpieza y lubricación, sin necesidad de un esquema de mantenimiento sistemático.

2.1.2 Segunda generación

Como consecuencia de un aumento significativo de la demanda y una drástica reducción de la mano de obra generada por la segunda guerra mundial, se incrementó progresivamente la mecanización industrial ingresando la segunda generación. Por los años 50 la industria empezó a depender de sus equipamientos, los cuales empezaron a incrementar su cantidad y su nivel de complejidad. Así mismo las paradas para reparaciones adquirieron mayor relevancia, por lo cual fue necesario prevenir las fallas características de los equipos, ello trajo como consecuencia el concepto de mantenimiento preventivo. A mediados de los años 60, esto consistió principalmente en reparaciones de equipos hecho a intervalos fijos. Los costos de mantenimiento empezaron a incrementar relativamente a otros costos de operación. Esto llevó al crecimiento de la planificación del mantenimiento y sistemas de control. Esto ayudó grandemente a tener el mantenimiento estable y bajo control. Finalmente la cantidad de capital ligado a los activos fijos junto con un incremento agudo de los costos de este capital, llevaron a que las personas empezaran a ver maneras en la cual ellos podrían maximizar la vida de los activos.

2.1.3 Tercera generación

Desde mediados de los años 70, los procesos de cambio en la industria han tenido un gran impulso. Los cambios pueden ser clasificados bajo títulos de: nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas. Las paradas siempre han afectado la capacidad productiva de los activos físicos, reduciendo la producción, incrementando los costos de operación e interfiriendo con el servicio al cliente. Entre los años 60 y 70 esto fue ya una mayor preocupación en el sector minero, transporte y manufactura. En la manufactura los efectos de las paradas se han incrementado debido al sistema mundial "Just In Time" donde se reduce la cantidad trabajo en progreso significando que es mejor tener varias pequeñas averías que una parada total de planta. El crecimiento de mecanización y automatización han significado que la confiabilidad y disponibilidad han llegado también a ser cuestiones claves en sectores tan diversos como el cuidado de la salud, procesamiento de información, telecomunicaciones y construcción.

Grandes automatizaciones significa también que mas y mas fallas afecten nuestra disponibilidad a sostener satisfactoriamente los estándares de calidad, tanto a los estándares de servicio como a la calidad del producto. Por instantes las fallas de los equipos pueden afectar los equipos de aire condicionado en edificios y la puntualidad en redes de transporte tanto como interferir con los logros consistentes de especificaciones de tolerancia en procesos de manufactura. Mas y mas fallas tienen serias consecuencias en la seguridad y medio ambiente, en el momento cuando los estándares en estas áreas estan incrementándose rápidamente. Lo cual genera que nos preocupemos más en mantener integro nuestros activos y suban nuestros costos, lo cual se convierta en un simple problema de supervivencia organizacional.

2.2 Estrategias del mantenimiento

La filosofía del mantenimiento de una planta es básicamente la de tener un nivel mínimo de personal de mantenimiento que sea consistente con la optimización de la producción y disponibilidad de la planta sin que se comprometa la seguridad.

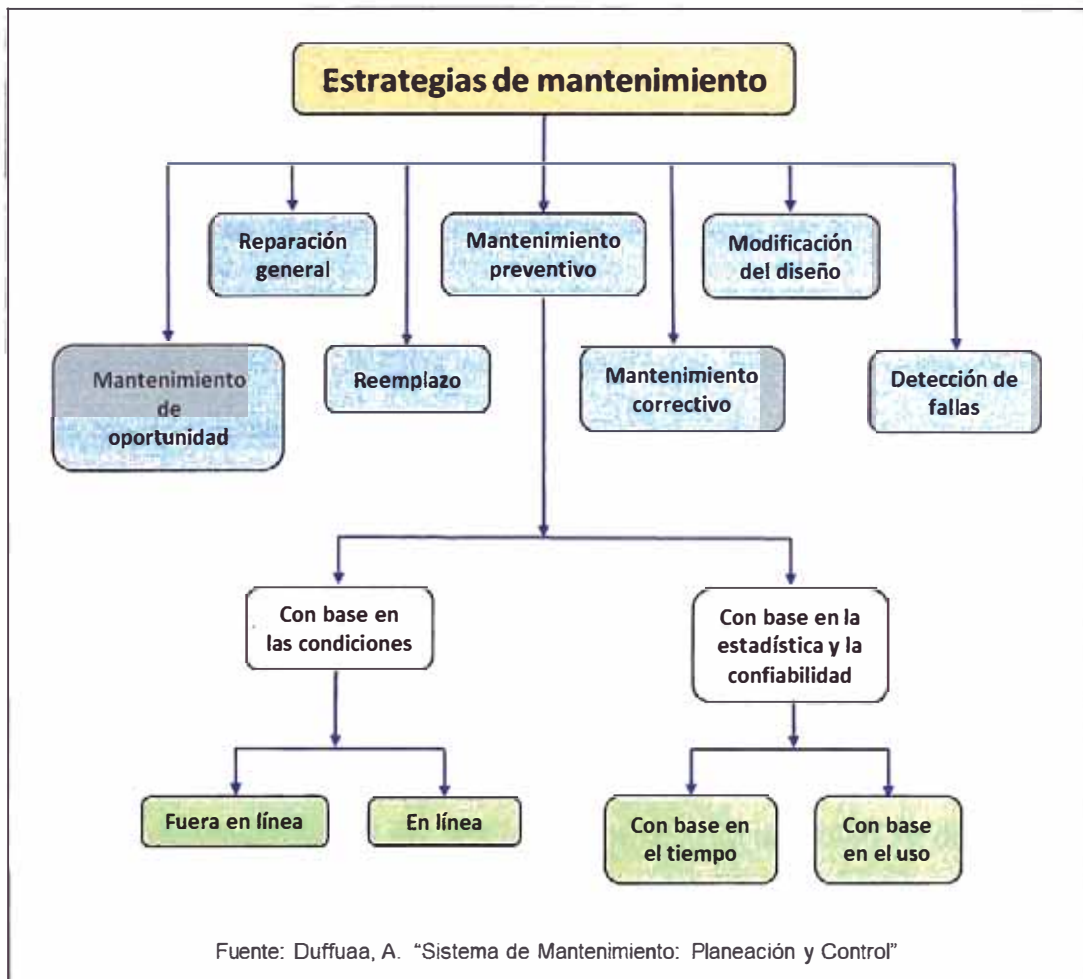


Fig. 2.2 Estrategias de mantenimiento

Para lograr esta filosofía, las siguientes estrategias pueden desempeñar un papel eficaz si se aplican en la combinación y forma correctas:

2.2.1 Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento sólo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando. No hay elemento de planeación para este tipo de mantenimiento. Este es el caso que se presenta cuando el costo adicional de otros tipos de mantenimiento no puede justificarse. Este tipo de estrategia a veces se conoce como estrategia de operación-hasta-que falle. Se aplica principalmente a los componentes electrónicos.

2.2.2 Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos. El mantenimiento preventivo puede basarse en las condiciones reales de los equipos, o en datos históricos de fallas del equipo.

2.2.2.1 Mantenimiento preventivo con base en las condiciones

También conocido como Mantenimiento Basado en Condición (CBM, sigla inglesa de Condition Based Maintenance. A esta estrategia también se le conoce como mantenimiento predictivo. El sistema de mantenimiento predictivo se define como "El conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los activos físicos, por revelación antes que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas".

2.2.2.2 Mantenimiento preventivo con base en estadística y confiabilidad

Se puede realizar con base en el uso o las condiciones particulares del equipo y considerando el histórico de tiempos de operación normal. El análisis con base en

el uso, toma como parámetro principal los datos históricos de falla de los equipos para determinar el tipo de distribución estadística que más se ajuste a su comportamiento real. También se puede realizar con base en el tiempo, es el mantenimiento tradicional que se lleva a cabo fundamentado en las horas de operación del sistema o un calendario preestablecido de intervenciones, que está de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, que luego se van ajustando por los resultados obtenidos con la aplicación de estas recomendaciones. Este sistema requiere de un alto nivel de planeación, donde las rutinas definidas, así como sus frecuencias de intervención, que se ejecutan periódicamente, son bien conocidas.

2.2.3 Mantenimiento de oportunidad

Este tipo de mantenimiento como su nombre lo indica, se lleva a cabo cuando surge la oportunidad. Tal oportunidad puede presentarse durante los periodos de paros generales programados de un sistema en particular, y puede utilizarse para efectuar tareas conocidas de mantenimiento.

2.2.4 Detección de fallas

La detección de fallas es un acto de inspección que se lleva a cabo para evaluar el nivel de presencia inicial de fallas. Un ejemplo de obtención de fallas es de verificación de la llanta de refacción de un automóvil antes de emprender un viaje largo.

2.2.5 Modificación del diseño

La modificación del diseño se lleva a cabo para hacer que un equipo alcance una condición que sea aceptable en ese momento. Esta estrategia implica mejoras y,

ocasionalmente, expansión de fabricación y capacidad. La modificación del diseño por lo general requiere una coordinación con la función de ingeniería y otros departamentos dentro de la organización.

2.2.6 Reparación general

La reparación general es un examen completo y el restablecimiento de un equipo o sus componentes principales a una condición aceptable. Ésta es generalmente una tarea de gran envergadura.

2.2.7 Reemplazo

Esta estrategia implica reemplazar el equipo en lugar de darle mantenimiento. Puede ser un reemplazo planeado o un reemplazo ante una falla.

Cada una de estas estrategias de mantenimiento tiene una función en la operación de la planta. Es la mezcla óptima de estas estrategias la que da por resultado la filosofía de mantenimiento más eficaz. El tamaño de la planta y su nivel de operación planeado, junto con la estrategia de mantenimiento aplicable, pueden ayudar a estimar la carga de mantenimiento o las salidas deseadas del sistema de mantenimiento.

2.3 Estrategias del mantenimiento moderno

Es importante señalar que actualmente se viene adquiriendo una cultura de confiabilidad operacional en los mantenimientos de equipos, junto con múltiples estrategias y herramientas de confiabilidad que hacen posible su desarrollo en la industria moderna.

2.3.1 Confiabilidad operacional

La confiabilidad operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorpora en forma sistémica, avanzadas herramientas de diagnóstico, estrategias modernas y metodologías de análisis, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial.



Fig. 2.3 Frentes operativos de la confiabilidad operacional

Es importante, puntualizar que en un sistema de Confiabilidad Operacional es necesario analizar sus cuatro frentes operativos:

2.3.1.1 Confiabilidad humana

Se define como la probabilidad de desempeño eficiente y eficaz, de las personas, dentro de un contexto organizacional específico durante su competencia laboral. Incluye varios elementos de proyección personal que permiten optimizar los conocimientos, competencias, habilidades, aptitudes, actitudes y destrezas de los miembros de una organización con la finalidad de generar Capital Intelectual.

2.3.1.2 Confiabilidad de los procesos

Incluye las etapas de diseño, desarrollo e implementación de un proceso productivo, y los requisitos que se deben cumplir para asegurar el éxito del proceso. Los procesos de gestión, planificación y programación, ejecución, y el control y seguimiento con indicadores de gestión de clase mundial, son de gran importancia para el mejoramiento de la Confiabilidad Operacional.

2.3.1.3 Confiabilidad de los activos

Los activos físicos incluyen las máquinas y herramientas para las tareas a desarrollar, así como los repuestos y los materiales necesarios. Estos últimos son clasificados por: criticidad, reemplazabilidad, accesibilidad, tiempo de reposición, costo de reposición y variabilidad de la demanda; con esta información se puede entonces definir los modelos adecuados de reposición y con ellos las políticas de gestión de stocks a desarrollar.

2.3.1.4 Confiabilidad de diseño

Se asocia directamente con la mantenibilidad de los Equipos, que se define con la probabilidad de que un elemento, sistema, máquina, equipo de diagnóstico, o dispositivo, pueda regresar a su estado de funcionamiento normal después de una falla o interrupción productiva, mediante una acción que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, con el fin de eliminar las causas raíces, o los modos de falla que genera dicha interrupción.

2.3.2 Aplicación de la confiabilidad

Las estrategias de confiabilidad operacional se usan ampliamente en los casos relacionados con:

- Elaboración de planes y programas de mantenimiento e inspección de equipos en instalaciones industriales.
- Solución de problemas recurrentes en los activos físicos que afectan los costos y la efectividad de las operaciones.
- Determinación de las tareas que permitan minimizar riesgos en los procesos, equipos e instalación, y medio ambiente.
- Establecer procedimientos operativos y prácticas de trabajo seguro.
- Determinar el alcance y frecuencia óptima de paradas de plantas.

2.3.3 Estrategias de la confiabilidad

Existen diferentes estrategias con la que la Confiabilidad Operacional pretende mejorar las actividades referentes al mantenimiento, a continuación menciono las que considero como las más importantes:

2.3.3.1 Mantenimiento Basado en Condición (CBM)

Es el mantenimiento basado en la medición del estado (condición) de un equipo para evaluar su probabilidad de falla durante un período futuro, con objeto de tomar la acción más apropiada para prevenir o evitar las consecuencias de esta falla.

Para medir estas condiciones se utilizan técnicas de diagnóstico de muy amplia divulgación actual, entre las que destacan, el análisis de vibraciones, la termografía infrarroja, el análisis de lubricantes, la inspección visual remota, el análisis de ruidos, el ultrasonido, la radiografía industrial, el método de Impulsos de choque

(SPM), la coronografía ultravioleta, el monitoreo de efectos eléctricos y magnéticos, el análisis de furanos, y las pruebas conocidas como ensayos no destructivos (NDT).

2.3.3.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) define al TPM en los siguientes términos: “El TPM se orienta a maximizar la efectividad de los equipos implantando un modelo de mantenimiento productivo de alcance amplio, que cubre la vida entera de la maquinaria, involucrando todas las áreas vinculadas con los equipos (planificación, producción, mantenimiento, etc.) con la participación total del personal, desde la alta dirección hasta los operarios de bajo nivel, para promover el mantenimiento productivo a través de la gestión, de la motivación, o las actividades de pequeños grupos voluntarios”. El TPM incluye las cinco metas siguientes:

- Mejora de la Eficacia de los Equipos.
- Mantenimiento Autónomo por Operadores.
- Planeación y programación óptima de un Sistema Proactivo.
- Mejoramiento de la habilidad operativa del personal.
- Gestión temprana de equipos para evitar problemas futuros.

2.3.3.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

La definición formal del RCM, es la propuesta en la norma SAE – JA 1011 de agosto de 1999: “El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento en la cual un equipo de trabajo multidisciplinario, se encarga de optimizar la Confiabilidad Operacional de un sistema productivo, que funciona bajo condiciones de operación definidas, estableciendo las actividades

más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, considerando los posibles efectos que originan los modos de fallas de estos activos, en la seguridad, el ambiente y las funciones operacionales”.

2.3.4 Herramientas de la confiabilidad

Son múltiples las herramientas de que se vale la confiabilidad con el fin de formular planes estratégicos para alcanzar la excelencia en la gestión del mantenimiento industrial.

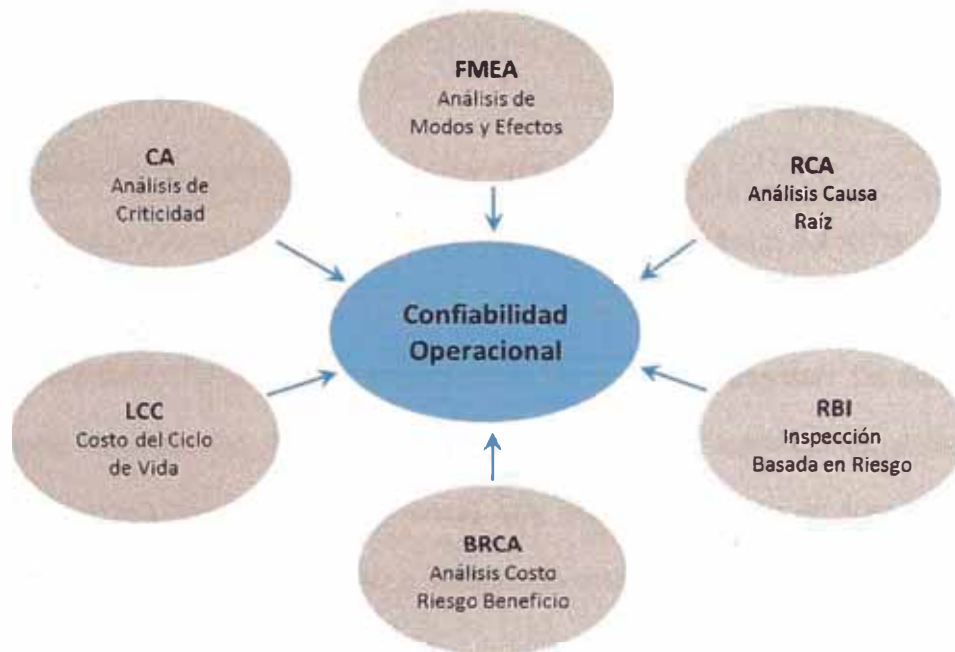


Fig. 2.4 Herramientas de la confiabilidad

Algunas de las más comúnmente usadas son:

2.3.4.1 Análisis de Criticidad (CA)

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. El análisis

de criticidad permite así mismo identificar las áreas sobre las cuales se tendrá una mayor atención del mantenimiento en función del proceso que se realiza. La información recolectada en un estudio de criticidad puede ser usada para:

- Priorizar órdenes de trabajo de producción y mantenimiento.
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.
- Definir necesidades de Mantenimiento Basado en Condición.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

2.3.4.2 Análisis de los modos y efectos de falla (FMEA)

El Análisis de Modos y Efectos de falla es la herramienta básica del RCM. El FMEA es un método que permite establecer los modos de fallas de los componentes de un equipo, o sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan. De esta forma se puede clasificar las fallas por orden de importancia, logrando especificar las tareas de mantenimiento para las áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas completamente.

2.3.4.3 Análisis causa raíz (RCA)

Una de las herramientas más importantes de la confiabilidad es el RCA. Las fallas nunca se planean y sorprenden a la gente de mantenimiento y de producción, porque casi siempre originan producción perdida. Hallar el problema, o la causa de las fallas proporciona a la empresa una solución al problema, y elimina el enigma del porqué los equipos fallan. Una vez que se han identificado la causa raíz, se puede ejecutar su plan correctivo.

2.3.4.4 Inspección basada en riesgo (RBI)

La Inspección Basada en Riesgo (RBI) es la técnica que combina la probabilidad de ocurrencia de fallas con el impacto de sus consecuencias. Como resultado se puede elaborar un programa de inspección destinado a definir, cuantificar y controlar los riesgos debidos a las fallas en los equipos, con las prioridades y las frecuencias de inspección. El riesgo de falla es calculado como el producto de la probabilidad de falla por la consecuencia de la falla.

Probabilidad	Muy Probable	5	5	10	15	20	25
	Probable	4	4	8	12	16	20
	Ocasional	3	3	6	9	12	15
	Remoto	2	2	4	6	8	10
	Improbable	1	1	2	3	4	5
			1	2	3	4	5
			Leve	Menor	Moderada	Mayor	Severa
			Consecuencia				

Tabla 2.1 Matriz para evaluación de riesgo

2.3.4.5 Análisis Costo Riesgo Beneficio (BRCA)

El modelo de decisión “costo – riesgo – beneficio”, permite comparar el costo asociado a una actividad dirigida a mejorar la confiabilidad, contra el nivel de reducción de riesgos, o la mejora en el desempeño debido a dicha acción. En otras palabras, el modelo permite determinar “cuanto se obtiene por lo que se invierte”. El problema consiste en relacionar cuanto se obtiene, de lo que se gasta en un departamento con los beneficios que se reflejan en otra área de la planta. Esto significa que se deben cuantificar las variables involucradas y relacionar cuanto se logra con una inversión adicional, o que impacto produce una reducción de gastos. El BRCA es ideal para establecer:

- Frecuencia óptima de intervención proactiva
- Frecuencia óptima de reemplazo de equipos
- Número óptimo de repuestos a mantener
- Número óptimo de equipos de respaldo
- Determinación del costo total óptimo

2.3.4.6 Costo del ciclo de vida (LCC)

El ciclo de vida de un activo nace desde la idea de realizar una actividad que involucra activos en su desarrollo, pasa por las etapas de proyecto, diseño, ejecución, fabricación o compra, instalación prueba, puesta a punto, operación y mantenimiento, hasta su eventual reciclaje o cambio. En todas estas etapas hay que tomar decisiones, manejar información considerar y evaluar costos, definir partes, desarrollar la formación del personal y realizar análisis de los distintos aspectos de la operación y del mantenimiento del activo. El Costo de Ciclo de Vida de un activo se calcula con base a la siguiente ecuación:

$$LCC = IC + N (OC + MC + SC)$$

Dónde:

- LCC Costo Ciclo de Vida
- IC Costo de Inversión
- OC Costo de Operación
- MC Costo de Mantenimiento
- SC Costo de Parada
- N Factor de Valor Actual

2.4 Indicadores de mantenimiento

Existe una diversidad de indicadores para evaluar las actividades de mantenimiento. Pero considero que las que voy a mencionar a continuación son indispensables en toda efectiva gestión de mantenimiento de equipos.

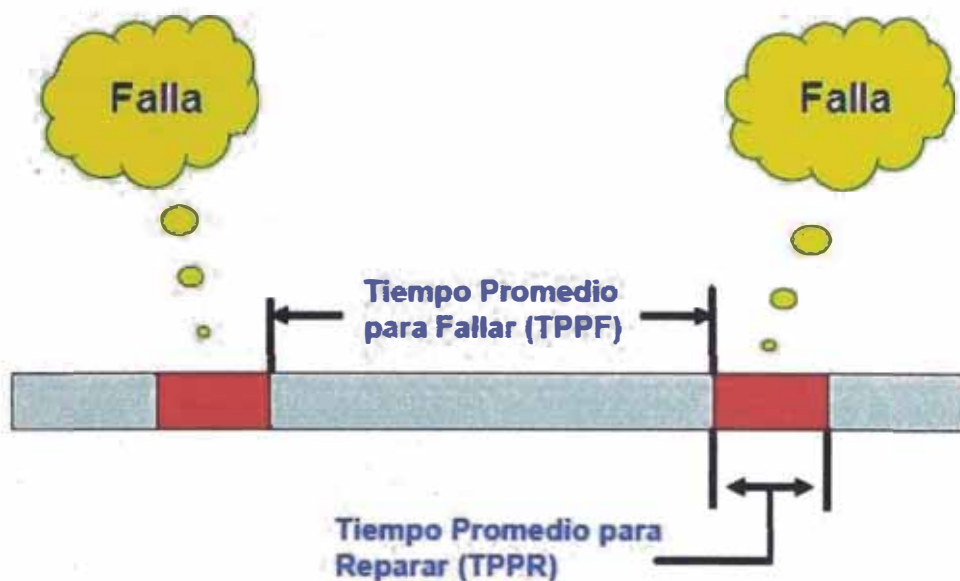


Fig. 2.5 Relación entre indicadores

2.4.1 Número de fallas

Es la suma de todas las paradas que ocurrieron en un equipo, durante un período determinado.

2.4.2 Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)

El Tiempo promedio para fallar indica el intervalo de tiempo más probable entre el final y la aparición de una falla, es decir, es el tiempo promedio capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio. Éste constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo.

$$\text{TPPF} = \frac{\text{TTO}}{\#F}$$

Dónde:

TTO = Tiempo total de operación del equipo libre de fallas, en horas

F = Número de fallas

2.4.3 Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)

Este indicador mide el tiempo medio en restituir el equipo a condiciones óptimas de operación una vez que el equipo se encuentra fuera de servicio por una falla, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento.

$$\text{TPPR} = \frac{\text{TTR}}{\#F}$$

Dónde:

TTR = Tiempo total empleado en reparar las fallas, en horas

F = Número de fallas

2.4.4 Disponibilidad

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje del tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{TPPF}}{\text{TPPF} + \text{TPPR}}$$

Dónde:

TPPF = Tiempo Promedio para Fallar

TPPR = Tiempo Promedio para Reparar

CAPITULO III

LA EMPRESA Y LA LÍNEA DE LAMINADO

3.1 La Empresa

Corporación Miyasato es uno de los procesadores y distribuidores más grande de vidrio y aluminio de Sudamérica, que inició sus actividades en el año 1939. En la actualidad cuenta con 8 locales en Lima entre oficinas, almacenes, tiendas, fábrica y una sucursal en Chile.

3.1.1 Misión

Nuestra misión es brindar productos innovadores y de alta calidad a través de nuestras cuatro divisiones: arquitectura, automotriz, accesorios de aluminio y distribución, que satisfagan la necesidad creativa de nuestros clientes, aportando soluciones para proyectos exigentes en un entorno en constante desarrollo, a través de un personal calificado, trabajo en equipo, servicio y tecnología de punta.

3.1.2 Visión estratégica

A través de su política de diversificación, Corporación Miyasato busca generar nuevas inversiones que le permitan proyectar, mediante alianzas estratégicas, el crecimiento de sus negocios a nivel nacional e internacional.

3.1.3 División arquitectura

Es una de las divisiones de la corporación que se encarga de ver desde los proyectos más elementales hasta los de mayor magnitud, brindando asesoría para obtener el mejor resultado, conjuntamente con un equipo de supervisión e instalación para asegurar el perfecto acabado de las obras. Uno de sus principales productos son la fabricación e instalación de vidrios laminados para hoteles, centros comerciales y edificios corporativos.

3.2 Vidrio laminado

Se obtiene al unir varias láminas de vidrios interpuestas de butiral de polivinilo (PVB), que es un material plástico con muy buenas cualidades de adherencia, elasticidad, transparencia y resistencia. La característica más sobresaliente del vidrio laminado es la resistencia a la penetración, por lo que resulta especialmente indicado para usos con especiales exigencias de seguridad y protección de personas y bienes. El vidrio laminado tiene su aplicación en: el sector hotelero, centros comerciales, residencias privadas, para la protección de bancos financieros, transportes de seguridad blindados, etc.

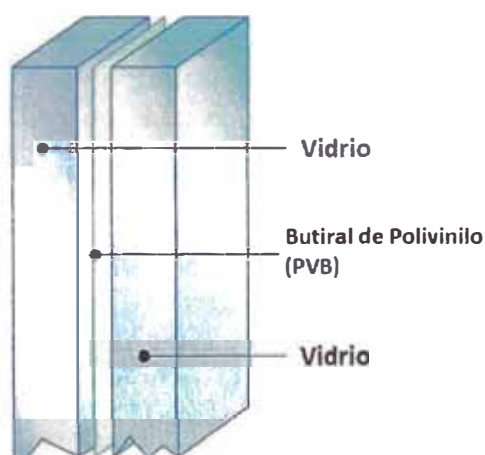


Fig. 3.1 Composición del vidrio laminado

3.2.1 Vidrio

El vidrio se obtiene por enfriamiento a una velocidad determinada de una mezcla de componentes de tipo inorgánico fundida. La fusión se realiza a unos 1700 °C aproximadamente, con sílice, aditivos y otros componentes. El vidrio es un material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo. Es amorfo debido a que sus moléculas están dispuestas de forma irregular.

COMPOSICIÓN DE PRODUCTO VÍTRIO. (resumido de: "El vidrio" de Fernández -Navarro, 2003)						
Material	Na₂O (%)	K₂O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Al₂O₃ (%)	SiO₂ (%)
Vidrio Plano (fletado)	13-14	0-1	8-9.5	4.5	0.5-1.5	70-72

Tabla 3.1 Composición del vidrio

3.2.2 Butiral de Polivinilo (PVB)

También conocido simplemente como PVB, es un compuesto químico resultado de mezclar alcohol de polivinilo (PVA) con butiraldehído. El material resultante es un polímero de gran adherencia y durabilidad, utilizado principalmente en la industria del vidrio, es idónea para la unión de hojas de vidrio. Este material fue desarrollado por la empresa DuPont en 1938.

3.2.3 Características del vidrio laminado

A continuación indicamos sus principales características:

- **Seguridad:** Al sufrir rajaduras o roturas, los fragmentos de cristal no se desprenden, sino, quedan adheridos a la lámina de PVB, manteniéndose el paño de cristal en su marco y minimizando el riesgo de heridas y daños materiales debido a las astillas o fragmentos de cristal.
- **Impenetrabilidad y protección:** A pesar que pueda estar dañado el vidrio, continúa ofreciendo seguridad debido a su impenetrabilidad.
- **Alto índice de control acústico:** El vidrio laminado es sumamente eficaz en la reducción de transmisión de sonidos no deseables. El rendimiento acústico del vidrio de la característica de amortiguación de la interlámina de PVB, que aísla el sonido.
- **Protección UV:** El PVB absorbe aproximadamente un 99% de la radiación ultravioleta del sol, principal elemento de la decoloración, envejecimiento y resecamiento de los materiales. Cuando se combinan cristales reflejantes de diferentes rendimientos y alternativas de vidrios de color se llega a excelentes resultados de control solar como transmisión y reflejo luminoso de calor.

3.3 Línea de laminado

La línea de laminado es un equipo moderno, semiautomático, para la producción de vidrio laminado, que significa en capas, por medio de la superposición de láminas de vidrio y la interposición de hojas de Butiral de Polivinilo (PVB) hasta alcanzar un espesor máximo de 60 mm.

3.3.1 Subsistemas

La línea de laminado está dividida en varios subsistemas de trabajo, a continuación se enumera los subsistemas correspondientes a su posición en la figura 3.2:

1. **Mesa de carga:** Recibe la láminas de vidrio.
2. **Lavadora y secadora:** Limpia las impurezas de la superficie de las Láminas de vidrio y lo dejo totalmente seco.
3. **Mesa de acercamiento y encuadrado:** Recibe la lámina de vidrio y corrige su posición final para la unión con la otra lámina.
4. **Carro de ventosas:** Transporta la lámina de vidrio desde la mesa de acercamiento y encuadrado a la mesa de composición.
5. **Mesa de composición y desbarbado:** Donde se componen las láminas de vidrio y las láminas de PVB.
6. **Estructura de soporte y desbobinado de PVB:** Soporta los rollos de PVB y suministra la lámina de PVB para su composición.
7. **Horno de calefacción N° 1:** Eleva la temperatura al vidrio compuesto para que alcance una mayor adherencia entre los vidrios y la lámina de PVB.
8. **Prensa de láminas compuestas N° 1:** Comprime el vidrio compuesto.
9. **Horno de calefacción N° 2:** Eleva a una temperatura mayor el vidrio compuesto.
10. **Prensa de láminas compuestas N° 2:** Comprime nuevamente el vidrio compuesto.
11. **Mesa de descarga:** Descarga el vidrio compuesto para llevarlo a su última etapa de producción (autoclave).

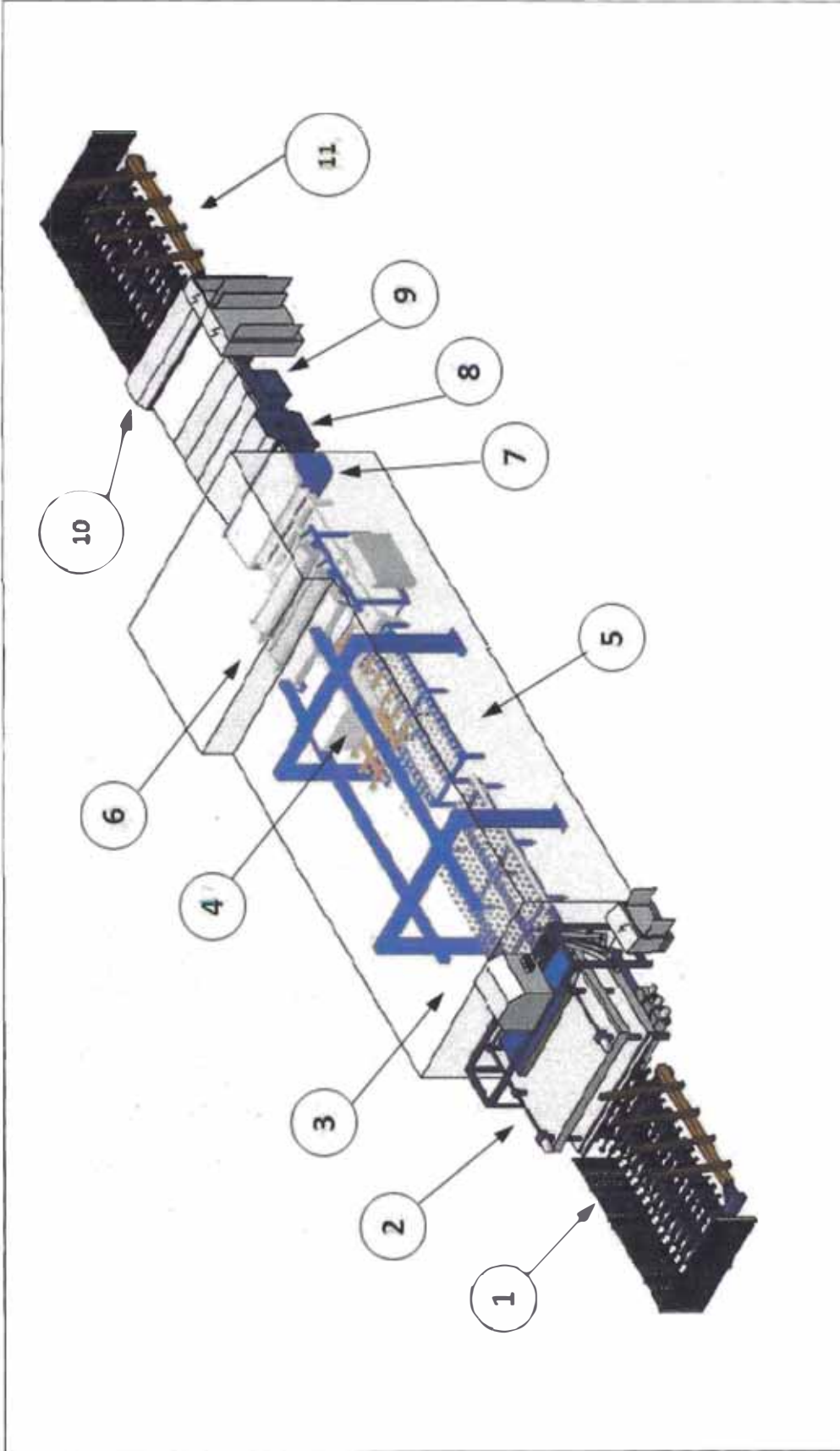


Fig. 3.2 Subsistemas de la línea de laminado

3.3.2 Proceso de fabricación de vidrio laminado

Para obtener vidrio laminado, se utilizan como materia prima el vidrio crudo o templado y la lámina de PVB, y deben pasar por un proceso de fabricación realizado en 02 equipos, el primero es la línea de laminado que cubre el 80% del proceso, y finalmente por el autoclave que cubre el 20% restante del proceso. En la línea de laminado se unen las diferentes capas de vidrio y PVB, mediante el precalentamiento y prensado se pueden unir y formar un solo bloque. En el autoclave se eleva la presión y temperatura del bloque para terminar el proceso de adherencia entre las capas de vidrio y el PVB, a su vez se eliminan las burbujas del aire que pudieron quedar atrapadas después del proceso de la línea de laminado. En la figura 3.3 se representa un diagrama del proceso de fabricación de vidrio que realiza la línea de laminado.

A continuación explicaremos los procesos que se desarrollan en los subsistemas de la línea de laminado:

3.3.2.1 Mesa de carga

Compuesta de una mesa plana fija de rodillos mecanizados y una mesa basculante conformada por seis brazos, la lámina de vidrio crudo o templado es transportado verticalmente desde otra área de producción mediante una tenaza especial y colocado sobre la mesa basculante en posición casi totalmente en vertical, luego la mesa basculante gira a la posición horizontal mediante un brazo hidráulico que es controlado por una mini central hidráulica a fin de posicionar el vidrio en la mesa plana fija, la mesa fija cuenta con un sistema de transporte mecánico a cadena y mediante sus rodillos de goma giratorios transporta el vidrio a la sección lavado y secado. Vease figura 3.4.

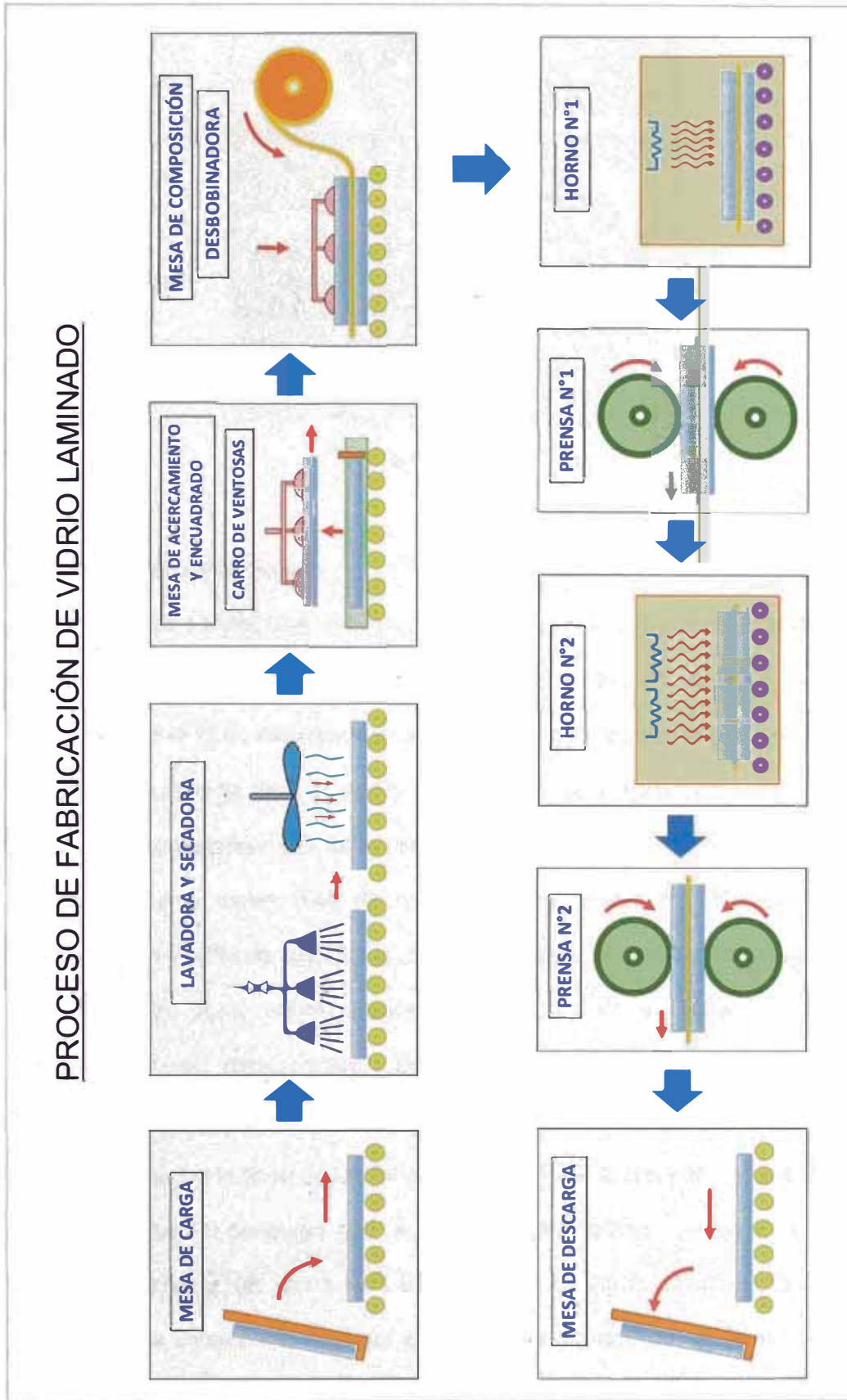


Fig. 3.3 Diagrama del proceso de fabricación de vidrio laminado



Fig. 3.4 Mesa de carga

3.3.2.2 Lavadora y secadora

El vidrio empieza a ingresar a la zona de lavado, en la entrada de la lavadora hay un sensor que mide el valor del espesor de la lámina de vidrio, este valor es procesado por el PLC, mandando a unos motores que regulen la posición del grupo de cepillos superiores de la lavadora y el soplador de la secadora. Luego la lámina de vidrio es transportado por unos rodillos largos de goma y es rociado con agua a presión mediante varias filas de rociadores por ambas superficies superior e inferior, la primera fila de rociadores proporciona agua directa del suministro general y las restantes agua desmineralizada proveniente de un equipo de Osmosis Inversa, a la vez toma contacto con unos cepillos de cerdas que limpian la superficies de impurezas como polvo de vidrio e impurezas adheridos en los procesos previos a la línea de laminado. Luego pasa a la zona de secado donde un ventilador industrial descarga aire a través de unas toberas en las superficies del vidrio para obtener un vidrio libre de humedad de agua, Después unas barras electrostáticas eliminan la energía electrostática acumulada en la superficie del vidrio producto del proceso de secado.



Fig. 3.5 Mesa de lavado y secado

3.3.2.3 Mesa de acercamiento y encuadrado

La lámina de vidrio ingresa a una mesa que mediante sus ruedas de goma direccionan el vidrio para posicionarse lateralmente a una cinta y frontalmente a unos topes, esta operación permite dar una referencia constante a todas las láminas y dar una correcta superposición.



Fig. 3.6 Mesa de acercamiento y encuadrado

3.3.2.4 Carro de ventosas

La lámina de vidrio es transportado de la mesa de acercamiento a la mesa de composición mediante un conjunto de ventosas que se posicionan en la superficie de la lámina de vidrio y se adhiere mediante la succión que es proporcionada por una bomba de vacío, el movimiento del carro de las ventosas es a través de mecanismos de piñones y pistas dentadas.



Fig. 3.7 Carro de ventosas

3.3.2.5 Mesa de composición y desbarbado

Allí se recibe la primera lámina de vidrio, luego sobre su superficie se coloca manualmente una lámina de PVB y después la segunda lamina de vidrio, luego se retira con una cuchilla la rebarba de PVB que están a los lados. Si se desea obtener una mayor resistencia e impenetrabilidad se puede seguir adicionando más láminas de PVB y vidrio sucesivamente.

3.3.2.6 Estructura de soporte y desbobinado de PVB

Aquí se almacena algunos rollos de PVB, y se pueden desbobinar los rollos de PVB para ser distribuidos a la mesa de composición a través de la fuerza motriz que proporcionan unos moto-reductores.



Fig. 3.8 Mesa de composición



Fig. 3.9 Desbobinadora de PVB

3.3.2.7 Horno de calefacción N° 1

El bloque compuesto de láminas de vidrio y PVB pasa a través de un primer horno de precalentamiento a una temperatura de 175 °C para que consiga una buena adherencia entre las láminas de vidrio y la lámina de PVB. Este horno está compuesto de lámparas de calor, en cuyo interior hay filamentos de resistencia eléctrica que calientan todo la cámara interna del horno.



Fig. 3.10 Horno de Calentamiento de vidrio

3.3.2.8 Prensa de láminas compuestas N° 1

Luego el bloque pasa por una primera prensa de rodillos de goma que comprime el bloque a una presión de 4 bar., para expulsar los residuos de aire acumulados entre la lámina de vidrio y PVB, y compactar las láminas.



Fig. 3.11 Prensa de laminado de vidrio

3.3.2.9 Horno de calefacción N° 2

Luego pasa por un segundo horno de calentamiento a una temperatura de 205 °C para continuar con la eliminación de aire.

3.3.2.10 Prensa de láminas compuestas N° 2

Nuevamente pasa por una segunda prensa de rodillos de goma para expulsar los residuos de aire.

3.3.2.11 Mesa de descarga

Y por último el bloque compuesto es recibido por la mesa de descarga y girado verticalmente por una mesa basculante para ser transportado por unas pinzas de elevación hacia el autoclave.



Fig. 3.12 Mesa de descarga

CAPITULO IV

EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO INICIAL

El equipo de laminado de vidrio fue instalado bajo supervisión de los fabricantes del equipo, después de haberse realizado las pruebas preliminares de operación en vacío y carga, se comenzó la producción de vidrio laminado para satisfacer la demanda que necesitan los proyectos inmobiliarios en el Perú. El equipo de laminado empezó a operar cada día con 10 horas de funcionamiento continuo, de 7:00 a.m. a 5:00 p.m. En los primeros meses se presentaron numerosas fallas con prolongados tiempos de parada, esto debido a muchos factores como la falta de experiencia técnica en mantenimiento de este tipo de equipo, falta de tareas específicas, una programación anual de mantenimiento preventivo entre otros, es decir la falta de un plan de mantenimiento preventivo direccionado exclusivamente al equipo de laminado. Para conseguir lo anterior, primero debemos conocer como se esta llevando el mantenimiento preventivo en los dos primeros meses de operación, para conseguir esto, evaluaremos diferentes aspectos técnicos del equipo y la gestión de mantenimiento.

4.1 Documentación técnica

Inicialmente se recibió del fabricante la siguiente documentación técnica para el mantenimiento preventivo:

- Manual de operación para el área de producción

- Diagrama eléctrico, esquemas neumáticos e hidráulicos del equipo.
- Formato de tareas generales de mantenimiento preventivo rutinario.

El formato de tareas generales no es muy específico y completo, se debe considerar los siguientes puntos en la elaboración de un nuevo formato de tareas de mantenimiento: estrategia de producción, demanda de producción, insumos y materiales locales, horarios de trabajo, condiciones ambientales y nivel de experiencia en mantenimiento en este tipo de equipo.

4.2 Características técnicas del equipo

El equipo de laminado de vidrio presenta las siguientes especificaciones técnicas de diseño:

No.	CARACTERISTICA	VALOR
1	Espesor de vidrio	De 3 a 12 mm.
2	Espesor máximo del panel ensamblado	60 mm.
3	Dimensión mínima de la lámina	400 x 700 mm.
4	Dimensión mínima. de la lámina (de carga manual)	300 x 550 mm.
5	Dimensiones máximas de la lamina	2600 x 5000 mm.
6	Altura del plano de trabajo	950 mm. +/- 30 mm.
7	Consumo de aire comprimido	20 m ³ /h
8	Presión mínima de aire comprimido	6 Kgf/cm ²
9	Consumo de agua desmineralizada	0.4 m ³ /h
10	Tensión de red trifásica	380 V. +/- 10%
11	Frecuencia de red	60 Hz. +/- 2%
12	Tensión auxiliar para la iluminación de los armarios monofásicos	220 V.
13	Potencia eléctrica instalada	200 kW
14	Consumo medio estimado de potencia eléctrica	160 kW

Tabla 4.1 Características técnicas de la línea de laminado

Pero aún falta especificar y codificar al detalle los componentes del equipo para facilitar la solución de fallas, tareas de mantenimiento y selección de repuestos, esto se lograra preparando una ficha técnica.

4.3 Departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento presenta una organización liderada en primer lugar por el jefe de mantenimiento cuya función principal es dirigir y controlar la estrategia de mantenimiento que sea aplica a todo los equipos de la empresa, tiene bajo su cargo a un asistente de mantenimiento, un supervisor de mantenimiento y un almacenero de repuesto. El asistente de mantenimiento prepara el control de gastos de mantenimiento, prepara informes gerenciales de gestión de mantenimiento entre otros, véase la figura 4.1, el supervisor de mantenimiento se encarga de la programación, planificación, ejecución y supervisión del mantenimiento, y el almacenero de repuestos esta encargado de la compra, reposición, almacén, control y entrega eficiente de los repuestos e insumos necesarios para el mantenimiento. El supervisor de mantenimiento tiene a su cargo las siguientes cuatro áreas:

1. **Proyectos electro-mecánicos.-** Encargada de la instalación de nuevos equipos de producción, fabricación o modificación de equipos o herramientas de producción.
2. **Mantenimiento preventivo.-** Esta área ejecuta las labores de Mantenimiento a todos los equipos: inspecciones de rutina, mantenimientos correctivos, mantenimientos preventivos, que se realizan las 24 horas del día, divididos en 3 turnos de trabajo: turno mañana, tarde y noche.

3. **Arenado y pintado.**- Aquí se arena y pinta las estructuras metálicas de los equipos que están en mal estado producto de la corrección.
4. **Mantenimiento de equipos de izaje.**- Se encarga del Mantenimiento preventivo y la instalación de los andamios colgantes que son utilizados en la instalación de vidrios en edificaciones.

4.4 Nivel técnico del personal de mantenimiento

La nueva línea de laminado es de última tecnología y la primera en su clase en el Perú, por lo tanto el personal de mantenimiento todavía no tiene experiencia en el mantenimiento de este tipo de equipo de última generación, pero si en equipos que realizan parcialmente cada uno de los procesos de laminado, que son tanto de fabricación extranjera como local, estos equipos tienen una antigüedad de 15 años, y su tipo de tecnología no es de primera, entre ellas tenemos: lavadoras, mesas de composición, prensas y hornos. El personal técnico a cargo de los mantenimientos está compuesto de técnicos mecánicos, electricistas y electrónicos de media y alta experiencia en equipos de proceso de manufactura con destrezas en el soporte técnico y habilidades de comunicación para formar grupos de trabajo con gran sinergia. Se programará una visita técnica de parte de la Empresa que suministro el equipo para aumentar el nivel de habilidades técnicas para el mantenimiento.

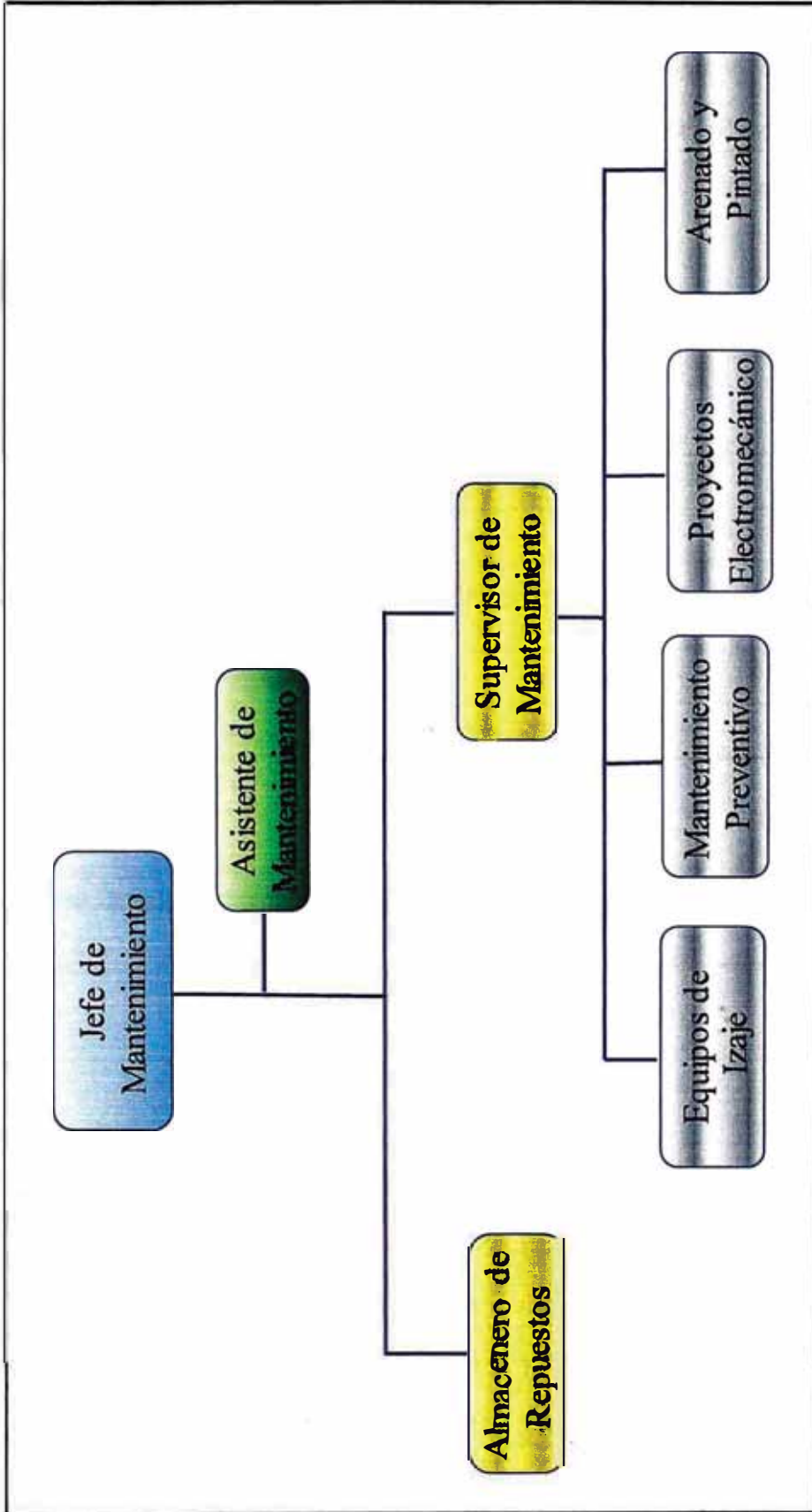


Fig. 4.1 Organigrama del Departamento de Mantenimiento

4.5 Orden de repuestos

Aquí se describe todos los repuestos e insumos que serán utilizados en los mantenimientos de los equipos, estos están asociados con un código y a su vez con un costo, así se puede calcular los costos de repuestos e insumos destinados a cada mantenimiento de los equipos.

Orden de Repuestos		Fecha: ____/____/____
Orden de repuestos N°: _____		
Para la Orden de trabajo N°: _____		
Código	Descripción	Cantidad

_____ Técnico de Mantenimiento	_____ Supervisor de Mantenimiento	_____ Almacén de Mantenimiento
-----------------------------------	---	-----------------------------------

Fig. 4.2 Orden de repuestos

4.6 Orden de trabajo

La orden de trabajo se prepara cada vez que se va intervenir un equipo ya sea por mantenimiento correctivo o preventivo. Con la Orden de trabajo se obtiene una estadística de datos sobre los equipos como la cantidad de fallas, tiempo que demora la falla o el mantenimiento preventivo, fecha de la intervención, cantidad del personal de mantenimiento, etc., con esto se obtienen indicadores de mantenimiento, las horas-hombre y los costos de mano de obra.

Fecha: ___/___/___

Orden de Trabajo N° _____

Equipo: _____

Área de trabajo: _____

Frecuencia de Mantenimiento: _____

SI NO

Tareas de Mantenimiento:

Observaciones y/o Recomendaciones:

	Hora	Fecha
Inicio		
Fin		

Personal de Mantenimiento

Jefatura de Mntto.
Supervisor de Mntto.
Supervisor de Producción

Fig. 4.3 Orden de trabajo

4.7 Historial de mantenimiento

Cada vez que se termina de realizar un mantenimiento preventivo o correctivo, la información que está en la orden de trabajo y la orden de repuestos es ingresada a una base de datos del departamento de mantenimiento, esto nos sirve para obtener el historial de los eventos de mantenimiento ocurridos en la línea de laminado, a continuación se presenta el historial de mantenimiento de los 2 primeros meses de operación del equipo, aquí se mostrara si la parada de un equipo es planificado o no planificado, cual es la falla, el tiempo de duración, etc.

Esto nos servirá para calcular los indicadores de mantenimiento en su etapa de inicio y más adelante para identificar las fallas más prioritarias que se deben solucionar para reducir los tiempos y costos de mantenimiento.

HISTORIAL DE MANTENIMIENTO				
MES	FECHA	TIPO DE MANTENIMIENTO	DESCRIPCION DE LA FALLA	TIEMPO DE DURACION (HORAS)
MARZO	03/03/2009	CORRECTIVO	SALTA CADENA DE ARRASTRE-LAVADORA	1.5
MARZO	06/03/2009	CORRECTIVO	CAE LUBRICANTE SOBRE VIDRIO - MESA DE ENCUADRE	4.5
MARZO	12/03/2009	CORRECTIVO	SE ENSUCIO RODILLO AISLANTE DEL HORNO N°2	10
MARZO	14/03/2009	PREVENTIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO QUINCENAL	8
MARZO	16/03/2009	CORRECTIVO	FALTA AGUA EN LA TINA N° 2	1.5
MARZO	17/03/2009	CORRECTIVO	OBSTRUCCION DE LOS ROCIADORES DE LAVADO	1.75
MARZO	26/03/2009	CORRECTIVO	ERROR EN SENSOR DE TEMPERATURA DE AGUA- TINA N° 2	1.25
MARZO	28/03/2009	PREVENTIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO QUINCENAL	8
ABRIL	6/04/2009	CORRECTIVO	SALTA CADENA DE ARRASTRE-HORNO	6.25
ABRIL	08/04/2009	CORRECTIVO	OBSTRUCCION DE LOS FILTROS DE AGUA	0.75
ABRIL	11/04/2009	PREVENTIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO QUINCENAL	8
ABRIL	13/04/2009	CORRECTIVO	SUCIEDAD EN EL VIDRIO-MESA DE COMPOSICIÓN	2
ABRIL	16/04/2009	CORRECTIVO	HUMEDAD EN EL VIDRIO-SALIDA DE LA ZONA DE SECADO	0.75
ABRIL	18/04/2009	CORRECTIVO	FLOTADOR DE COBRE DE 1° TINA CON AGUJERO	1.5
ABRIL	21/04/2009	CORRECTIVO	ROTURA DE RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO DE AGUA	6.5
ABRIL	25/04/2009	PREVENTIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO QUINCENAL	8
ABRIL	27/04/2009	CORRECTIVO	RUIDO EN RODAMIENTO-ZONA HORNO N° 1	8.75
ABRIL	30/04/2009	CORRECTIVO	ERROR EN MEDIDA DE TEMPERATURA-SENSOR HORNO N°1	4

Tabla 4.2 Historial de trabajos de mantenimiento

4.8 Indicadores de mantenimiento

Necesitamos conocer como se había estado llevando la gestión del mantenimiento del equipo en su etapa inicial de operación, para esto se calcula los indicadores de mantenimiento de los 2 primeros meses de operación, para el cálculo necesitamos tomar los datos iniciales de la tabla 4.3, donde figuran los tiempos de producción que fueron programados por el área de producción, los números de fallas y el tiempo de reparación de las fallas tomadas del historial de mantenimiento.

INFORMACIÓN DEL HISTORIAL DE MANTENIMIENTO				
MES	Días de Producción	Tiempo Total Programado de Producción (horas)	Número de Fallas	Tiempo Total de Fallas (horas)
mar-09	24	240	6	20.5
abr-09	22	220	8	27.5

Tabla 4.3 Datos de producción e historial de mantenimiento

Con la información anterior podemos calcular la disponibilidad (D), tiempo promedio para fallar (TPPF) y el tiempo promedio para reparar (TPPR).

INDICADORES DE MANTENIMIENTO			
MES	Tiempo Promedio para Fallar - TPPF (horas/falla)	Tiempo Promedio para Reparar - TPPR (horas/reparación)	Disponibilidad (%)
mar-09	36.6	3.4	91.5
abr-09	24.1	3.4	87.5

Tabla 4.4 Cálculo realizado de los indicadores de mantenimiento

4.8.1 Número de Fallas

En la figura 4.4 se visualiza la cantidad de fallas ocurridas en los primeros dos meses de operación, observamos que el mayor valor es 8, con la implementación del plan de mantenimiento se reducirá la cantidad de fallas ocurridas.



Fig. 4.4 Número de fallas

4.8.2 Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)

En la figura 4.5 se nota que el mayor tiempo promedio para fallar es de 36.6 horas en el mes de marzo, este valor se debe incrementar en los meses siguientes.

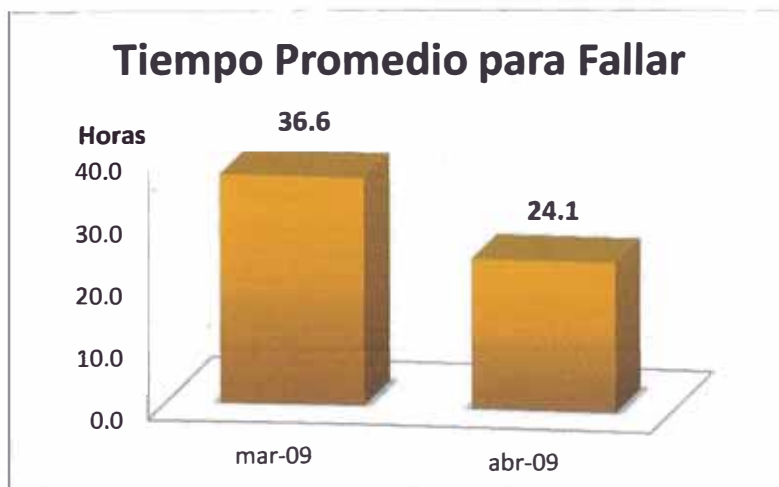


Fig. 4.5 Tiempo promedio para fallar

4.8.3 Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)

En la figura 4.6 se ve que el valor del tiempo promedio para reparar es de 3.4 horas, en cual es muy alto y se debe disminuir.



Fig. 4.6 Tiempo promedio para reparar

4.8.4 Disponibilidad

En la figura 4.7 se observa que la máxima disponibilidad alcanzada es de 91.5% en el mes de marzo, posteriormente este valor se debe incrementar.

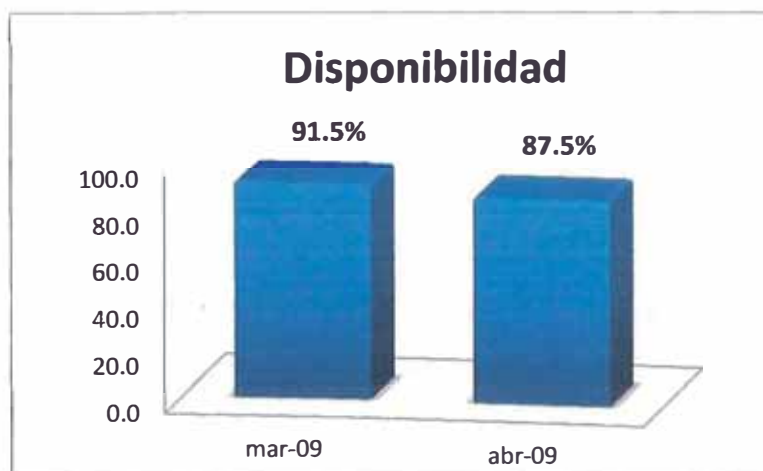


Fig. 4.7 Disponibilidad

CAPITULO V

ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En el capítulo anterior se describió el mantenimiento preventivo y los indicadores de mantenimiento que se estaba llevando en los dos primeros meses de operación, ahora presentamos la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo más completo que mejoro los valores iniciales de los indicadores de mantenimiento, el cual consiste primero en realizar un análisis de las fallas presentadas en la etapa inicial de operación para reducir los tiempos de parada y los costos de mantenimiento correctivo. Después se prepara la documentación técnica del equipo, necesaria para dar soporte al plan de mantenimiento preventivo, conocido como gestión de la información. Finalmente se presenta el sistema de mantenimiento preventivo periódico, el cual indica las tareas periódicas que se deben realizar en el equipo, y que se implementó progresivamente a partir del tercer mes de operación.

Luego se evalua la mejora de los valores de los indicadores de mantenimiento durante el primer año de operación.

5.1 Análisis de Falla

Durante los primeros meses de funcionamiento del equipo, se han presentado numerosas fallas ocasionando paradas no planificadas que ocasionan tiempos y costos elevados de mantenimiento.

A fin de reducir dichos tiempos y costos, haremos un análisis de falla en los dos primeros meses de operación, en los siguientes pasos:

- Identificación de las fallas más prioritarias
- Descripción de las fallas
- Análisis de las Causas
- Solución e Implementación

5.1.1 Identificación de las fallas más prioritarias

Se identifica las fallas más prioritarias, que ocasionan los mayores costos de mantenimiento, de todas las fallas ocurridas durante los dos primeros meses de operación, y se visualizara en el "Diagrama de Pareto".

5.1.1.1 Costos por falla

Primero necesitamos conocer el costo de mantenimiento que generan las fallas por mantenimiento correctivo, para esto tomaremos los registros del historial de mantenimiento de los dos primeros meses de operación de la línea de laminado, a continuación mostramos un cuadro indicando el resumen de los costos de mano de obra del personal de mantenimiento y los costos de los repuestos e insumos utilizados. El costo de mano de obra se obtendrá del producto del tiempo que dura el mantenimiento correctivo, el costo unitario promedio por mano de obra del personal de mantenimiento y la cantidad de personal que intervino.

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO							
DESCRIPCION DE LA FALLA	TIEMPO DE DURACION (Horas)	CANTIDAD DE PERSONAL	COSTO UNITARIO MANO DE OBRA (Nuevos soles/hora)	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	REPUESTOS E INSUMOS UTILIZADOS	COSTO DE REPUESTOS	COSTO TOTAL (Nuevos Soles)
SALTA CADENA DE ARRASTRE-LAVADORA	1.5	2	10	30	Grasa para cadenas de transmisión	15	45
CAE LUBRICANTE SOBRE VIDRIO - MESA DE ENCUADRE	4.5	4	10	180	Trapo industrial y disolventes de grasa	42	222
SE ENSUCIO RODILLO AISLANTE DEL HORNO N°2	10	3	10	300	Cinta aislante termico de rodillo, 9.5 m.	345	645
FALTA AGUA EN LA TINA N° 2	1.5	2	10	30	Ninguno	0	30
OBSTRUCCION DE LOS ROCIADORES DE LAVADO	1.75	4	10	70	Ninguno	0	70
ERROR EN SENSOR DE TEMPERATURA DE AGUA- TINA N° 2	1.25	2	10	25	Ninguno	0	25
SALTA CADENA DE ARRASTRE-HORNO	6.25	2	10	125	Grasa de alta temperatura para cadenas	35	160
OBSTRUCCION DE LOS FILTROS DE AGUA	0.75	2	10	15	Filtro microporoso para agua	180	195
SUCIEDAD EN EL VIDRIO-MESA DE COMPOSICION	2	1	10	20	Trapo industrial y disolventes de grasa	25	45
HUMEDAD EN EL VIDRIO-SALIDA DE LA ZONA DE SECADO	0.75	2	10	15	Filtro de aire 60cm.x60cm.x6cm.	75	90
FLOTADOR DE COBRE DE 1° TINA CON AGUJERO	1.5	2	10	30	Flotador de cobre, diametro 28 cm.	125	155
ROTURA DE RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO DE AGUA	6.5	2	10	130	Resistencia electrica, potencia 5000 Watts	475	605
RUIDO EN RODAMIENTO-ZONA HORNO N° 1	8.75	2	10	175	02 Rodamiento para alta temperatura	175	350
ERROR EN MEDIDA DE TEMPERATURA-SENSOR HORNO N°1	4	2	10	80	Sensor de temperatura Infrarrojo	1575	1655

Tabla 5.1 Costos de mantenimiento correctivo

5.1.1.2 Diagrama de Pareto

Luego agrupamos en orden de mayor a menor los costos de mantenimiento correctivo de cada falla, indicamos el porcentaje que representan cada uno con respecto al total y el porcentaje acumulado.

N° de Falla	DESCRIPCION DE LA FALLA	Importe	Porcentaje de Perdidas %	Porcentaje de Perdidas acumulado %
1	ERROR EN MEDIDA DE TEMPERATURA-SENSOR HORNO N°1	1655	38.6	38.6
2	SE ENSUCIO RODILLO AISLANTE DEL HORNO N°2	645	15.0	53.6
3	ROTURA DE RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO DE AGUA	605	14.1	67.7
4	RUIDO EN RODAMIENTO-ZONA HORNO N° 1	350	8.2	75.8
5	CAE LUBRICANTE SOBRE VIDRIO - MESA DE ENCUADRE	222	5.2	81.0
6	OBSTRUCCION DE LOS FILTROS DE AGUA	195	4.5	85.6
7	SALTA CADENA DE ARRASTRE-HORNO	160	3.7	89.3
8	FLOTADOR DE COBRE DE 1° TINA CON AGUJERO	155	3.6	92.9
9	HUMEDAD EN EL VIDRIO-SALIDA DE LA ZONA DE SECADO	90	2.1	95.0
10	OBSTRUCCION DE LOS ROCIADORES DE LAVADO	70	1.6	96.6
11	SALTA CADENA DE ARRASTRE-LAVADORA	45	1.0	97.7
12	SUCIEDAD EN EL VIDRIO-MESA DE COMPOSICIÓN	45	1.0	98.7
13	FALTA AGUA EN LA TINA N° 2	30	0.7	99.4
14	ERROR EN SENSOR DE TEMPERATURA DE AGUA- TINA N° 2	25	0.6	100

Tabla 5.2 Porcentaje acumulado de costos de mantenimientos correctivos por falla

Después graficamos el porcentaje de pérdida de cada falla y el porcentaje acumulado. En la figura 5.1 se visualiza la curva del porcentaje de pérdidas acumuladas, donde las cinco primeras fallas representan el 81 % de las pérdidas totales. Si inicialmente eliminados estas cinco primeras fallas, habremos eliminado más del 80% de las pérdidas generadas por costos de mantenimiento correctivo,

además de disminuir los tiempos de paradas no planificadas y conseguir una mayor disponibilidad del equipo

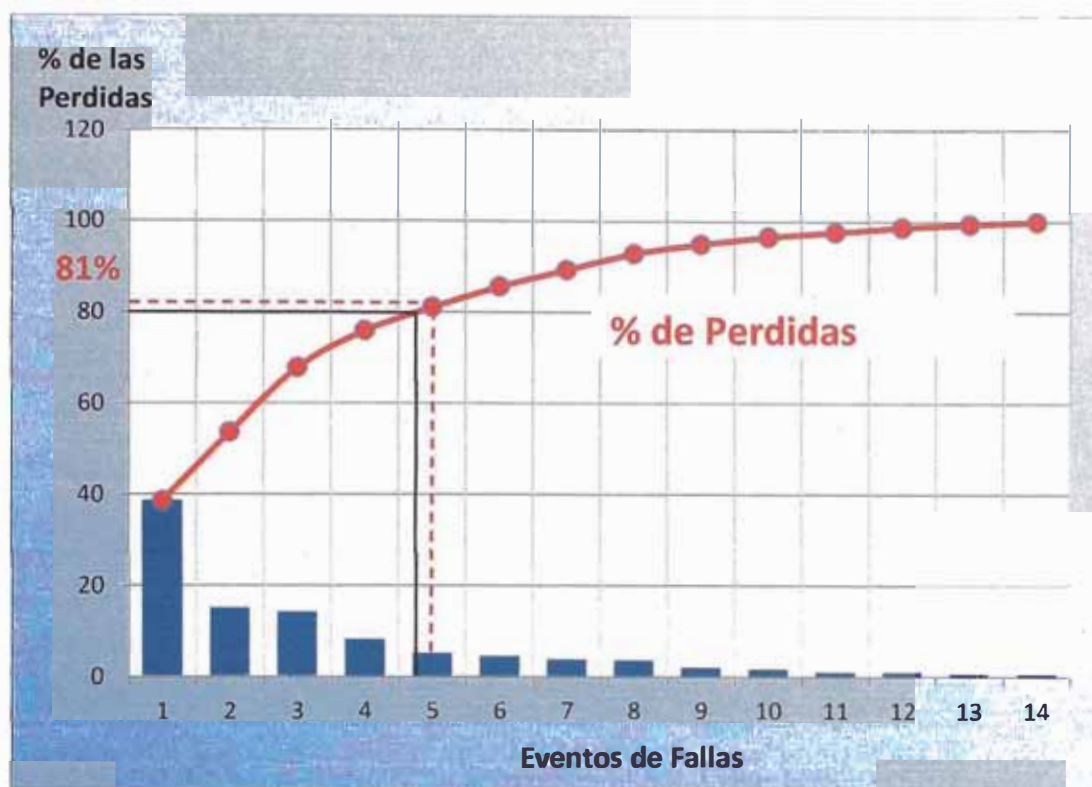


Fig. 5.1 Diagrama de Pareto

5.1.2 Descripción de las fallas

Por cada falla prioritaria se recopila toda la información referente a los acontecimientos de la falla y lo describimos lo más claro posible.

5.1.2.1 Falla N° 1, error en medida de temperatura – sensor horno N° 1

Hay un sensor de temperatura del tipo infrarrojo que mide la temperatura interna del horno. Este sensor está instalado sobre y exteriormente al horno a una distancia corta, recibe calor que eleva la temperatura del instrumento de medida, por eso se

cuenta con un sistema de refrigeración de aire comprimido que viene por la manguera neumática de color celeste hasta la chaqueta interna del sensor.

En el panel de control del operador se registra grandes oscilaciones en la medida de la temperatura.



Fig. 5.2 Sensor de temperatura

5.1.2.2 Falla N° 2, se ensucio rodillo aislante del horno N°2

Algunos rodillos aislantes de transporte de vidrio de color blanco localizados dentro del horno, presentan unas manchas de color marrón, esto provocó que el vidrio que salía del horno presentara adherida a su superficie un tipo de sustancia, produciendo merma por baja calidad del producto.



Fig. 5.3 Rodillos aislantes

5.1.2.3 Falla N° 3, rotura de resistencia de calentamiento de agua

Para el lavado de vidrio se utiliza una resistencia especial que eleva la temperatura del agua en la tina, la resistencia eléctrica está recubierta interiormente de un material aislante refractario y exteriormente de una superficie de acero inoxidable.



Fig. 5.4 Resistencia de calentamiento

5.1.2.4 Falla N° 4, ruido en rodamiento – zona horno N°1

Varias chumaceras presentan desprendimiento de material en forma de polvo sobre los cables y su bandeja. Este polvo viene de la parte interna del rodamiento de los rodillos del horno.

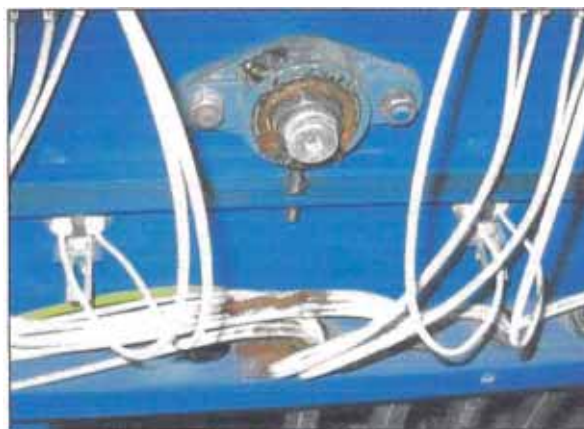


Fig. 5.5 Chumacera de rodillo aislante

5.1.2.5 Falla N° 5, cae lubricante sobre vidrio - mesa de encuadre

El carro de ventosas se desplaza sobre una guía fija, el cual tiene un sistema dosificación de lubricación, allí se presentó un exceso de lubricación que cayó sobre el vidrio limpio que viene desde la zona de lavado y se posiciona sobre la mesa de encuadre.



Fig. 5.6 Dosificador de lubricación

En la tabla 5.3 se describe a las fallas en diferentes aspectos, para conocer los hechos reales que sucedieron, para tener una idea clara de la falla y poder hacer un análisis más efectivo de las causas que las produjeron, los aspectos a considerar son:

- **¿Qué sucedió?:** Explicaremos la situación física con la que se reportó la falla, lo que se percibe del problema en el momento que el operador o técnico lo detectan.
- **¿Cómo sucedió?:** Trataremos de identificar la causa de la falla que dio origen a la falla, en primer lugar se considerara el comentario inicial del Técnico de mantenimiento cuando inspecciona la falla para resolverlo.

- **Lugar donde se localizó la falla:** Es el espacio físico, subsistema y/o componente donde la falla causa problemas de parada o defecto de producción.
- **¿Cuándo ocurre la falla?:** Nos referimos al intervalo de tiempo de duración de la falla, desde el momento que se reporta la falla hasta el momento en que se soluciona la falla, sea definitiva o temporal.
- **Piezas dañadas:** Son todos aquellos componentes que sufren deterioro parcial o total a causa de la falla.
- **Funciones de la Piezas:** Indicamos la función principal que realizan las piezas dañadas en el mecanismo del equipo.
- **¿Cómo lo resolvieron?:** Indica las acciones que se tomaron para eliminar la falla, pueden ser desde correcciones mecánicas, eléctricas, electrónicas y/o calibraciones de producción.
- **¿Paro el equipo?:** La falla puede originar que el equipo se detenga inmediatamente o funcione tratando de controlar la falla.
- **¿Provoca defectos en la calidad del producto?:** La falla puede dar origen a que el producto tenga defectos de calidad considerables o no se presenten, esto provoca una merma en la cantidad de los productos terminados.

N° Falla	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	¿QUE SUCEDIÓ?	¿COMO SUCEDIÓ?	LUGAR DONDE SE LOCALIZA LA FALLA	¿CUANDO OCURRE LA FALLA?	PIEZAS DAÑADAS	FUNCIONES DE LA PIEZAS	¿COMO LO RESOLVIÓ?	¿PARO EL EQUIPO?	¿PROVOCA DEFECTOS EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO?
1	ERROR EN MEDIDA DE TEMPERATURA- SENSOR HORNO N°1	En el Panel de control del Horno se registro la medida de temperatura del Horno N° 1 con oscilaciones	Se encontro cerrado el regulador de permite el ingreso de aire comprimido al Sensor de Temperatura para su refrigeración	HORNO N° 1 En la entrada del horno, en la parte superior	30/04/2009 Hora inicio: 1:00 pm. Hora final: 5:00 pm.	Sensor de Temperatura infrarrojo	Medir la temperatura del vidrio en movimiento en el interior del horno	Se cambio el Sensor de Temperatura dañado, se calibro. Se regulo el ingreso de aire	Si	Si
2	SE ENSUCIO RODILLO AISLANTE DEL HORNO N°2	A la salida del Horno N° 2 los vidrios salian con manchas en su superficie	En un proceso anterior incrementaron Idemasiado la temperatura y el PVB se derrito sobre el aislante del rodillo	HORNO N° 2 3° Rodillo de la entrada	12/03/2009 Hora inicio: 7:00 am. Hora final: 5:00 pm.	Cinta aislante de temperatura de rodillo de traslación de vidrio	Aislar termicamente el rodillo metalico de traslación de vidrio	Se enfrio el Horno, se desmonto el rodillo y se cambio el aislante que lo cubre.	Si	Si
3	ROTURA DE RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO DE AGUA	Se registra en el panel de control de la Lavadora una disminucion de la temperatura del agua caliente	La resistencia de calentamiento se rompio por recalentamiento debido al exceso de Incrustaciones solidas en su superficie	LAVADORA Y SECADORA En la 1° Tina de calentamiento	21/04/2009 Hora inicio: 9:00 am. Hora final: 3:30 pm.	01 Resistencia trifasica de 5000 W, 220 V	Elevar la temperatura del agua de lavado de vidrio a 50 ° C	Se desconecto las conexiones de agua, electricas y se saco toda el agua de la tina, y se cambio por una resistencia nueva	Si	Parcial
4	RUIDO EN RODAMIENTO-ZONA HORNO N° 1	Se escucho ruido agudo en lado izquierdo de la zona del Horno N° 1, proviene del Rodamiento del Rodillo de entrada N° 4	El rodamiento se encontro destrozado en la parte interna	HORNO N° 1 4° Rodillo de la entrada	27/04/2009 Hora inicio: 8:15 am. Hora final: 5:00 pm.	02 Rodamientos para aplicacion de alta temperatura	Soportan y permiten el giro del rodillo de traslación de vidrio	Se cambio el rodamiento dañado y el del otro extremo del rodillo	Si	No
5	CAE LUBRICANTE SOBRE VIDRIO - MESA DE ENCUADRE	Se encontro gotas de lubricante sobre la superficie del vidrio posicionado en la mesa de encuadre	El lubricante callo de la parte superior del carro de ventosas, se formo un charco en la zona de las guías	CARRO DE VENTOSAS Guías de traslación de carro de ventosas	06/03/2009 Hora inicio: 11:30 am. Hora final: 4:00 pm.	Rodillos de goma de la mesa de encuadre	Recibir y soportar el vidrio para su traslado por el carro de ventosas	Se limpio las ruedas de goma de la mesa de encuadre y las guías de traslación, Se regulo la dosificación del lubricante	Si	Si

Tabla 5.3 Descripción de las fallas

5.1.3 Análisis de las causas

Con la información que tenemos sobre la descripción de las fallas, procederemos a analizar las posibles causas que originaron las fallas, para lo cual nos valemos de unas herramientas de análisis conocida como "Lluvia de Ideas" y "Diagrama de Ishikawa". Empezaremos con el análisis de la primera falla y la más importante de las cinco.

Falla N° 1, error en la medida de temperatura – sensor horno N° 1: Aplicamos la herramienta "Lluvia de Ideas" que consiste en enumerar todas las posibles causas que creemos que dieron origen a la falla sin importar algún tipo de clasificación.

Posibles causas:

- Se descalibró el sensor de temperatura
- Lectura incorrecta del Operador
- No eleva la temperatura en el Interior del Horno
- No tuvo refrigeración el sensor de temperatura
- No se realiza correctamente las inspecciones preventivas.
- Válvula de aire cerrado
- No se conoce la funcionalidad de la válvula de aire.
- Las resistencias del horno están dañadas
- No existe tareas preventivas para el Sensor de Temperatura

Ahora las posibles causas descritas las colocamos ordenadamente en el "Diagrama de Ishikawa", lo clasificaremos en los siguientes tipos: máquina, personal, método y material.

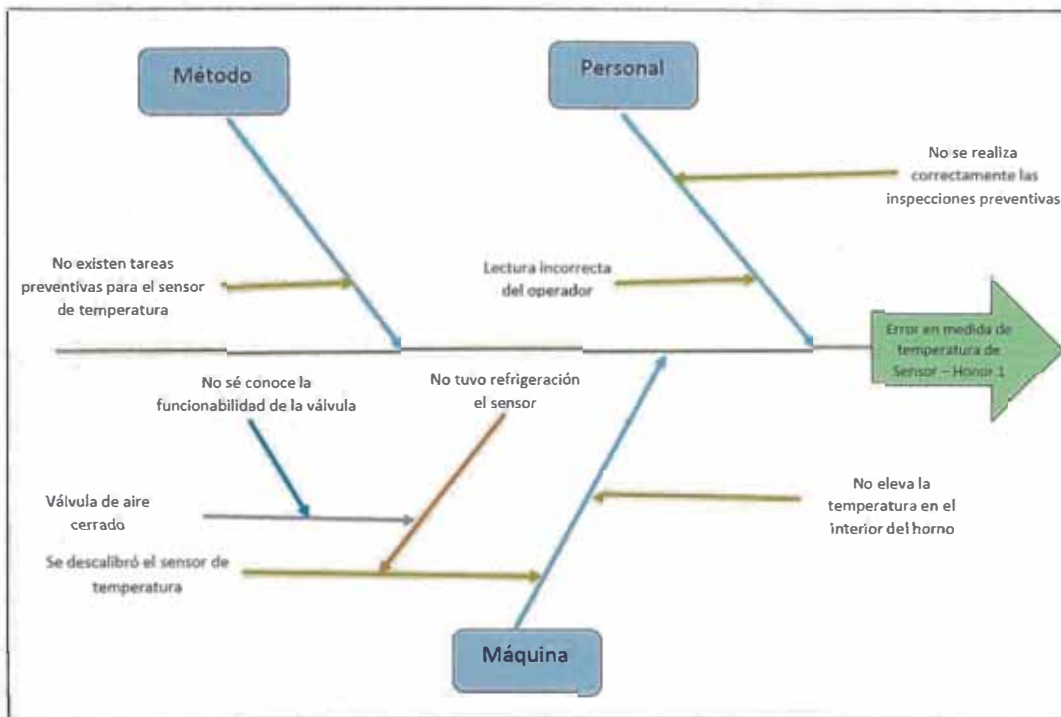


Fig. 5.7 Diagrama de Ishikawa de la Falla N° 1

Después continuaremos aplicando las mismas herramientas a las 04 fallas restantes.

Falla N° 2, se ensucio rodillo aislante del Horno N°2: Aplicamos la herramienta

“Lluvia de Ideas”. Posibles causas:

- Vidrio contaminado con algún elemento extraño.
- Lamina de PVB de mala calidad
- Incorrecta colocación de lámina de PVB sobre el vidrio
- Elevada temperatura del Horno N°2
- Demasiado tiempo de programación de calentamiento
- Mala selección del tipo de lámina de PVB a utilizar
- Deficiente conocimiento del proceso de laminado
- Algún tipo de aditivo del equipo se introdujo en el proceso.

Ahora las posibles causas descritas las colocamos ordenadamente en el “Diagrama de Ishikawa”

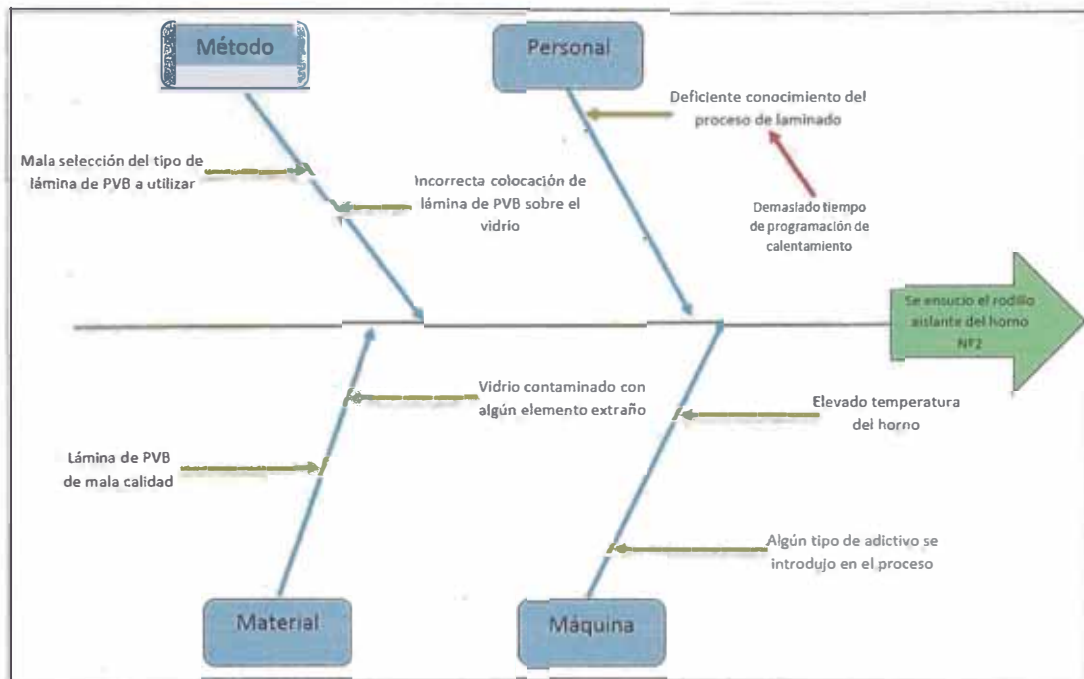


Fig. 5.8 Diagrama de Ishikawa de la Falla N° 2

Falla N° 3, rotura de resistencia de calentamiento de agua: Aplicamos la herramienta “Lluvia de Ideas”. Posibles causas:

- Cortocircuito interno de la resistencia
- Falta de Mantenimiento preventivo a la resistencia
- Falta de limpieza de tina
- Incrustaciones de sólidos en la resistencia
- Se incrementó mucho la temperatura de calentamiento
- Resistencia defectuosa de fabrica
- Sensor de temperatura del agua no funciona correctamente

- Agua contiene muchas impurezas
- Filtros sucios
- No hay procedimiento de tareas de mantenimiento de las resistencias.

Ahora las posibles causas descritas las colocamos ordenadamente en el “Diagrama de Ishikawa”

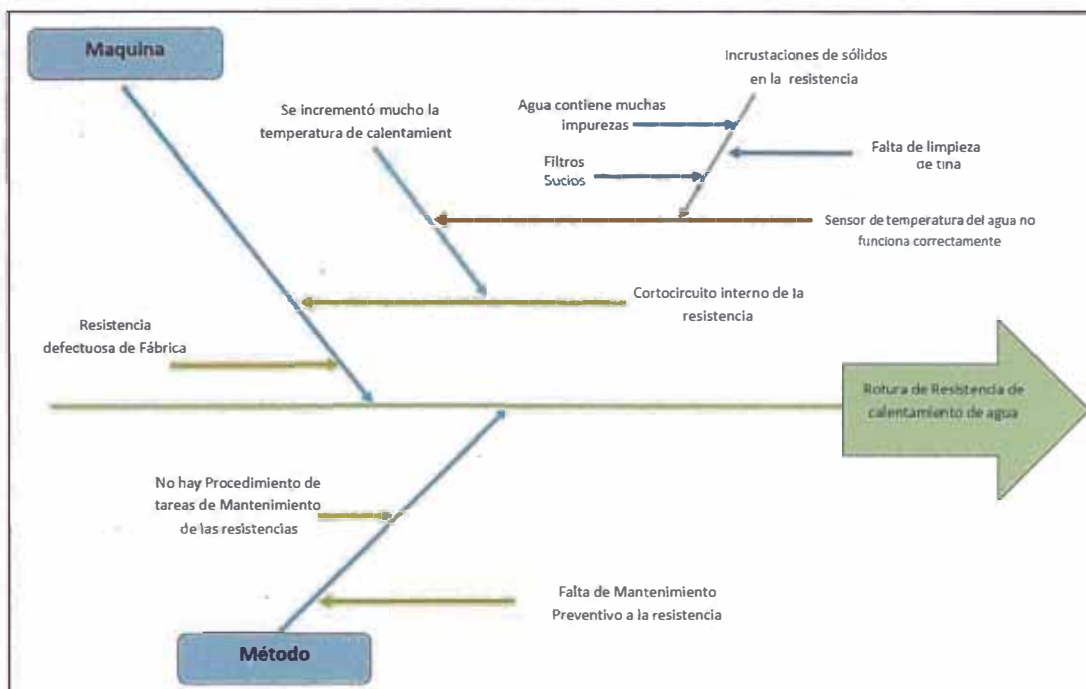


Fig. 5.9 Diagrama de Ishikawa de la Falla N° 3

Falla N° 4, ruido en rodamiento – zona horno N°1: Aplicamos la herramienta

“Lluvia de Ideas”. Posibles causas:

- Lubricación deficiente
- Frecuencias de lubricación prolongada
- Deficiente programa de lubricación
- Falta de inspección de los rodamientos
- Falla de fábrica por rodamiento defectuoso.

- Utilizaron diferente tipo de lubricante
- El horno opero con una temperatura mayor a lo normal
- Perdida de aislamiento térmico de protección de la chumacera.

Ahora las posibles causas descritas las colocamos ordenadamente en el “Diagrama de Ishikawa”

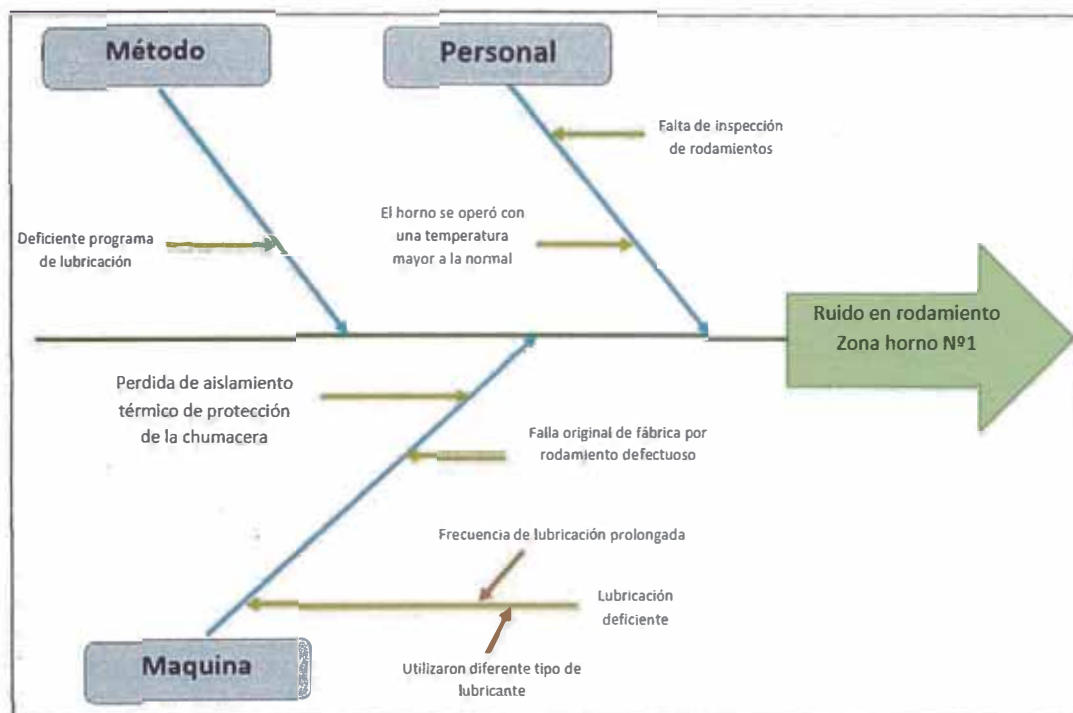


Fig. 5.10 Diagrama de Ishikawa de la Falla N° 4

Falla N° 5, cae lubricante sobre vidrio - mesa de encuadre: Aplicamos la herramienta “Lluvia de Ideas”. Posibles causas:

- Falta de regulación del dosificador de lubricación
- No se inspecciono correctamente las guías de traslación
- La presión de aire viene regulado desde la instalación del equipo

- No hay procedimiento de inspección del sistema de lubricación de las guías de traslación
- Utilizaron un lubricante menos viscoso
- Falta regular la presión del aire que va al tanque de lubricación

Ahora las posibles causas descritas las colocamos ordenadamente en el “Diagrama de Ishikawa”

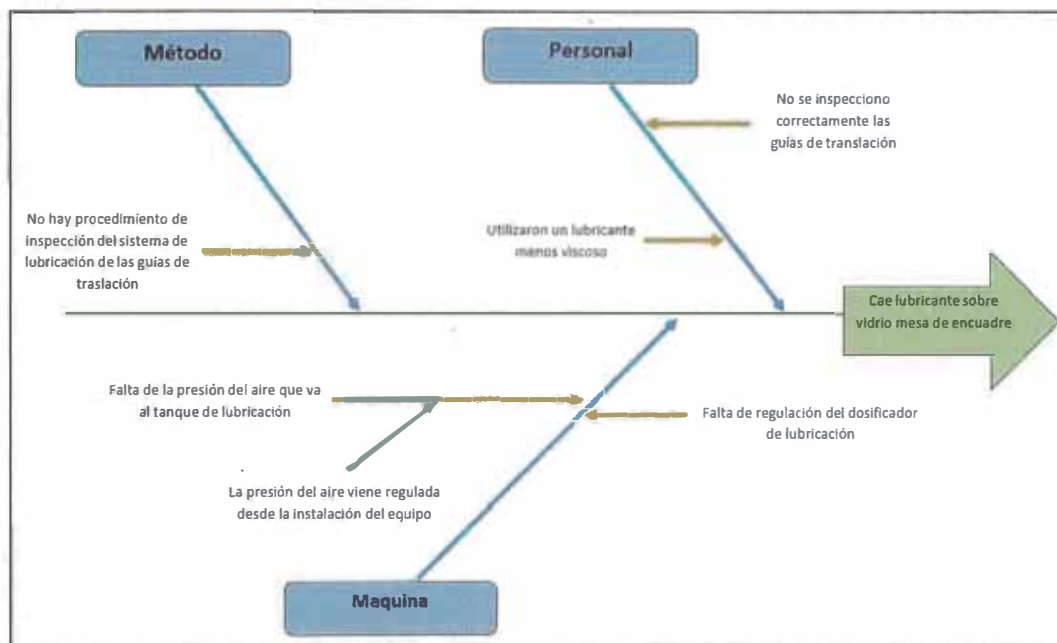


Fig. 5.11 Diagrama de Ishikawa de la Falla N° 5

Ahora que tenemos el diagrama de Ishikawa de todas las fallas, tenemos una mejor idea de las causas que originaron cada falla, en la tabla 5.4 se muestra un resumen de las causas de las fallas.

N°	DESCRIPCION DE LA FALLA	CAUSAS
1	ERROR EN MEDIDA DE TEMPERATURA - SENSOR HORNO N°1	<ol style="list-style-type: none"> 1. La valvula de aire de refrigeración se encontro cerrado, permitiendo el calentamiento del Sensor de temperatura y su posterior daño. 2. No existen un procedimiento de Mantenimiento Preventivo del Sensor de Temperatura
2	SE ENSUCIO RODILLO AISLANTE DEL HORNO N°2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incrementaron demasiado el tiempo de programaron de calentamiento del vidrio compuesto, permitiendo que se deritiera la lamina e PVB y callera sobre los rodillos. 2. Falto mayor entrenamiento en el proceso de calentamiento en los Homos.
3	ROTURA DE RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO DE AGUA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cortocircuito interno de la resistencia por incremento de temperatura debido a una capa de incrustaciones solidas aislante. 2. Falta de procedimiento de tareas de mantenimiento a las resistencias y accesorios de las tinas.
4	RUIDO EN RODAMIENTO ZONA HORNO N° 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de lubricación 2. Deficiente programa de lubricación
5	CAE LUBRICANTE SOBRE VIDRIO MESA DE ENCUADRE	<ol style="list-style-type: none"> 1. La presión de aire que va al tanque del lubricante fue regulado inicialmente en la instalación del equipo y este era excesivo. 2. No se inspeccionaron correctamente las guías de translación.

Tabla 5.4 Resumen de las causas de las fallas

5.1.4 Solución e Implementación

Una vez que conocemos las causas de las fallas, podemos dar una solución definitiva para que no se repita nuevamente el evento, teniendo en cuenta que deben ser de una manera efectiva, rápida y de menor costo, como son: correcciones técnicas de reparación y reemplazo de componentes, preparación de documentación de procedimientos de mantenimiento entre otros, además se señala quien tiene a cargo la responsabilidad de su ejecución y cumplimiento.

Las correcciones técnicas se ejecutaron total o parcialmente durante el evento de la falla y también posteriormente en el siguiente mantenimiento. Los procedimientos y tareas de mantenimiento se prepararon en las posteriores semanas de ocurrido las fallas y se incorporo al plan de mantenimiento preventivo del equipo.

N°	DESCRIPCION DE LA FALLA	SOLUCIÓN	RESPONSABLE
1	ERROR EN MEDIDA DE TEMPERATURA -SENSOR HORNO N°1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se explico al personal de producción y mantenimiento la funcionalidad de la válvula de aire, y que debe permanecer abierto. 2. Se preparo un procedimiento de mantenimiento preventivo para el sensor de Temperatura. 3. Se aislo termicamente las mangueras de aire. 	Supervisor de Mantenimiento
2	SE ENSUCIO RODILLO AISLANTE DE HORNO N°2	<ol style="list-style-type: none"> 1. El personal de producción hizo una revisión del procedimiento de calentamiento del vidrio en el Horno, como parametros de tiempo, velocidad y materiales. 	Supervisor de Producción y/o Mantenimiento
3	ROTURA DE RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO DE AGUA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza de la superficie de la cubierta inoxidable de las incrustaciones acumuladas. 2. Se preparo un procedimiento de mantenimiento preventivo para las resistencias, filtros, sensores de temperatura y otros accesorios de la tina. 	Supervisor de Mantenimiento
4	RUIDO EN RODAMIENTO - ZONA HORNO N° 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se preparo un programa de lubricación de los rodamientos de los rodillos de los hornos. 	Supervisor de Mantenimiento y/o Asistente de Mantenimiento
5	CAE LUBRICANTE SOBRE VIDRIO - MESA DE ENCUADRE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se regulo nuevamente la presión del aire y monitoreo el sistema de lubricación de las guías. 2. Se preparo un procedimiento de inspección del sistema de lubricación de las guías de traslación. 	Supervisor de Mantenimiento

Tabla 5.5 Solución de las fallas

5.2 Gestión de Información

Luego de eliminar las fallas más prioritarias procederemos a preparar la información necesaria para conocer al detalle nuestro equipo y llevar fácilmente la gestión del mantenimiento preventivo, preparamos una ficha técnica del equipo, evaluamos el nivel de criticidad, preparamos un formato de control de fallas, un catálogo de los subsistemas que tiene el equipo y una lista de stock de repuestos necesarios para su recambio oportuno.

5.2.1 Ficha técnica del equipo

Se detalla las especificaciones de los componentes más importantes que tiene la línea de laminado, esto nos servirá para su fácil identificación, modificaciones en el diseño del equipo, para preparar las tareas de mantenimiento y conocer los repuestos que se necesitan mantener en stock.

Tabla 5.6 Ficha técnica de la línea de laminado

FICHA TECNICA			
DATOS GENERALES			
EQUIPO:	Linea de Laminado	PLANTA:	Lamitemp
MODELO:	LLS 2645	PROCESO:	Area de Laminado
PROVEEDOR:	Electromecánica Bovone S.R.L	AÑO:	2009
1.- MESA DE CARGA			
MOTOR DE TRANSMISIÓN			
MARCA	Coel Motori SRL	AMPERAJE	4.6 / 2.7 Arnp.
MODELO	H80C4 S	VELOCIDAD	1670 rpm
POTENCIA	1.08 Kw.	FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE	255 277/440 480 V.	IP	54
REDUCTOR DE TRANSMISIÓN			
MARCA	Bonfiglioli	CODIGO	2E05013036
TIPO	C35 3 P 80	MOUNT POS	B6 62.0
MINI CENTRAL HIDRAULICA			
MARCA	Biasetton Oleodinamica Genova	CAUDAL	5 /15 Lt/min.
TIPO	SCV050 . MG9 . 1,5K . 7070201209	PRESION	90 Bar
MOTOR			
MARCA	Brook Crompton	VOLTAJE	254-277 / 440-480 V.
MODELO	T-DA90LH4	AMPERAJE	6.5-5.9/3.7-3.4 Amp.
POTENCIA	1.5 Kw.	VELOCIDAD	1720 rpm
FASES	3	FRECUENCIA	60 Hz

Tabla 5.6 Ficha técnica de la línea de laminado

VALVULA ELECTROHIDRAULICA DE MANDO			
MARCA	Atos	MODELO	DHI-0710 23
FILTRO DE ACEITE			
MARCA	MP Filtri S.p.A	MODELO	CT-070-P25-A-B
CADENA DE RUEDA DE GOMA			
NUMERO DE HILERAS	Simple	PASO	1/2"
CHUMACERAS			
MODELO	SL 205	CANTIDAD	45
TIPO	De pared		
RUEDA DE GOMA			
MATERIAL	Poliuretano	CANTIDAD	180
ANCHO	25 mm.	DIAMETRO EXTERNO	120 mm.
DIAMETRO INTERNO	25 mm.		

2.- LAVADORA Y SECADORA			
BOMBAS DE AGUA			
MARCA	Lowara	CANTIDAD	3
MODELO	CEA708/5/A	ALTURA	43.3-31.6 m.
CAUDAL	20-90 L/min		
MOTOR ELECTRICO DE LA BOMBA DE AGUA			
MODELO	SM80BG/311	AMPERAJE	3.61 / 2.08 Amp.
POTENCIA	1.43 Kw.	FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE	265 277/440 480 V.	IP	55
FASE	3		
RESISTENCIAS ELECTRICAS DE TINAS			
POTENCIA	6 Kw.	CANTIDAD	2
FASES	3	VOLTAJE	380 v.
MOTOR DE CEPILLOS DE LAVADO			
MODELO	XS 90L AG	CANTIDAD	2
POTENCIA	1.1 Kw.	VELOCIDAD	1090 rpm
VOLTAJE	380 V.	FRECUENCIA	60 Hz
FASE	3	IP	55
AMPERAJE	3.4 Amp.		
POLEAS DE CEPILLOS DE LAVADO			
DIAMETRO INTERNO	25 mm.	CANTIDAD	6
DIAMETRO EXTERNO	145 mm.		
CHUMACERA DE CEPILLOS DE LAVADO			
MODELO	T 206	CANTIDAD	12
TOBERAS DE AGUA			
CANTIDAD SUPERIOR	5	CANTIDAD INFERIOR	5
MOTOR DE TRANSMISIÓN DE RODILLOS DE GOMA			
MARCA	Marelli Motori	AMPERAJE	34 Amp.
MODELO	MAA 160 L2	VELOCIDAD	2930 rpm
POTENCIA	18 Kw.	FRECUENCIA	50 Hz
VOLTAJE	380 V.	IP	55
RODAMIENTOS	6309 2Z, 2 UND.		
REDUCTOR DE TRANSMISIÓN DE RODILLOS DE GOMA			
MARCA	Bonfiglioli Group	CODIGO	2E11017536
TIPO	C31 2 P 80	MOUNT POS	B6 60.2
CADENA DE TRANSMISIÓN DE RODILLOS DE GOMA			
NUMERO DE HILERAS	Simple	PASO	1/2"
CHUMACERAS DE RODILLOS DE GOMA - ZONA LAVADO			
MODELO	FL 205	CANTIDAD	36
TIPO	De pared		

Tabla 5.6 Ficha técnica de la línea de laminado

MOTOR DE ELEVACION DE CEPILLOS SUPERIORES			
MODELO	X5 71 C6	CANTIDAD	2
POTENCIA	0.25 Kw.	AMPERAJE	1.03 Amp.
VELOCIDAD	1060 rpm	VOLTAJE	380 V.
ALIMENTADOR DE LA BARRA ELECTROSTATICA			
MARCA	Gallarate & C	CANTIDAD	1
MODELO	G.001	VOLTAJE	230 V.
SERIE	1007	AMPERAJE	0.2 Amp.
TIPO	D	FRECUENCIA	60 Hz
BARRAS ELECTROSTATICAS			
LONGITUD	2500 mm.	CANTIDAD	2
VENTILADOR DE LA SECADORA			
MARCA	EuroVentilatori	CANTIDAD	1
MODELO	APRG 711/ALGO	VELOCIDAD	3500 rpm
POTENCIA	18.5 Kw.	FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE	380 V.	FASES	3
3.- MESA DE ENCUADRE			
MOTOR DE TRANSMISIÓN DE RUEDAS DE GOMA			
MARCA	Coel	CANTIDAD	1
MODELO	BOC4S	VELOCIDAD	1390 rpm
POTENCIA	1 Kw.	FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE	440 V.	IP	65
AMPERAJE	1.6 Amp.		
REDUCTOR			
MARCA	Bonfiglioli Goup	CANTIDAD	1
MODELO	C35 3 PP80		
CADENA DE RUEDA DE GOMA			
NUMERO DE HILERAS	Simple	LONGITUD TOTAL	15 m.
PASO	1/2"		
CHUMACERAS			
MODELO	TR P205	CANTIDAD	69
TIPO	De pie		
RUEDA DE GOMA			
ANCHO	25 mm.	DIAMETRO EXTERNO	120 mm.
CANTIDAD	230	DIAMETRO INTERNO	25 mm.
CINTA LATERAL			
LARGO	1200 mm.	ESPESOR	3 mm.
ANCHO	25 mm.		
4.- CARRO DE VENTOSAS			
MOTOR DE TRASLACIÓN			
MARCA	Coel	CANTIDAD	1
MODELO	F1000L34	VELOCIDAD	1690 rpm
POTENCIA	3.6 Kw	FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE	255-277/440-480 V.	IP	54
AMPERAJE	11 / 6.4 Amp.		
REDUCTOR DE TRASLACIÓN			
MARCA	Bonfiglioli	MODELO	C36 2C P100
MINI CENTRAL HIDRAULICA DE ELEVACION DE VENTOSAS			
MARCA	Biasseton Oleodinámica	MODELO	Face 025DO36
MOTOR DE MINI CENTRAL HIDRAULICA			
MARCA	Brook Cromton	VELOCIDAD	1720 rpm
POTENCIA	5 Kw.		

Tabla 5.6 Ficha técnica de la línea de laminado

BOMBA DE VACIO			
MARCA	General Europe Vacuum	CAUDAL	45 m ³ /h
MODELO	GP45	VACIO	10 mBar
MOTOR DE BOMBA DE VACIO			
POTENCIA	1.1 Kw.	VELOCIDAD	1450 rpm
VOLTAJE	230/400 V.	FRECUENCIA	50 Hz
UNIDAD AUTOMATICA DE LUBRICACION			
MARCA	Flenco	VOLUMEN	2.6 CM ³
MODELO	6030157	RELACION	10:01
MATRICULA	SC40 02	PRESIÓN	7 Mpa
VENTOSAS			
DIAMETRO EXTERIOR	145 mm.	CANTIDAD	24

5.- DESBOBINADORA PVB			
MOTOR DE DESBOBINADO			
MARCA	Bonfiglioli Riduttori	CANTIDAD	3
MODELO	BN 80C4	VELOCIDAD	1700 rpm
POTENCIA	1.3 Kw.	FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE	460 V.	IP	55
AMPERAJE	2.7 Amp.		
CHUMACERAS DE BRAZOS DE DESBOBINADO			
MODELO	P 205	CANTIDAD	12
TIPO	De pie		

6.- MESA DE COMPOSICION			
MOTOR DE TRANSMISIÓN			
MARCA	Coel	CANTIDAD	1
MODELO	BOC4S	VELOCIDAD	1390 rpm
POTENCIA	1 Kw.	FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE	440 V.	IP	65
AMPERAJE	1.6 Amp.		
REDUCTOR			
MARCA	Bonfiglioli Goup	CANTIDAD	1
MODELO	C35 3 PP80		
CADENA DE RUEDA DE GOMA			
NUMERO DE HILERAS	Simple	LONGITUD TOTAL	15 m.
PASO	1/2"		
CHUMACERAS			
MODELO	P 205	CANTIDAD	66
TIPO	De pie		
RUEDA DE GOMA			
MATERIAL	Poliuretano	DIAMETRO EXTERNO	120 mm.
ANCHO	25 mm.	DIAMETRO INTERNO	25 mm.
CANTIDAD	216		

7.- HORNO			
MOTOR DE TRANSMISIÓN DE RODILLOS			
MARCA	Gamar	CANTIDAD	1
MODELO	WP 908 A4	AMPERAJE	2.7 Amp.
POTENCIA	1.1 Kw.	VELOCIDAD	1690 rpm
VOLTAJE	400 V.	FRECUENCIA	60 Hz
REDUCTOR DE TRANSMISIÓN			
MARCA	Bonfiglioli	CANTIDAD	1
TIPO	C70 4PP90		

Tabla 5.6 Ficha técnica de la línea de laminado

CADENA			
NUMERO DE HILERAS	Doble	PASO	1/2"
CHUMACERAS DE RODILLOS DE TRANSPORTE			
MODELO	P 205	CANTIDAD	38
TIPO	De pared		
RODILLOS DE TRANSPORTE			
LONGITUD	2500 mm.	CANTIDAD	19
DIAMETRO EXTERIOR	60 mm.		
LAMPARAS IR - HORNO 1			
POTENCIA	3 Kw.	CANTIDAD	6
LAMPARAS IR - HORNO 2			
POTENCIA	3 Kw.	CANTIDAD	18
8.- PRENSA			
MOTOR DE ELEVACIÓN DE RODILLOS			
MARCA	Gamar	CANTIDAD	1
POTENCIA	0.55 Kw.	VELOCIDAD	1380 rpm
VOLTAJE	400 v.	F.P.	0.73
AMPERAJE	1.55 Amp.	FRECUENCIA	50 Hz
REDUTOR DE MOTOR DE ELEVACIÓN			
MARCA	Bonfiglioli group	MOUNT. POS.	B3
TIPO	VF49F1P71B5	CODIGO	200650181
9.- MESA DE CARGA			
MOTOR DE TRANSMISIÓN			
MARCA	Coel Motori SRL	AMPERAJE	4.6 / 2.7 Amp.
MODELO	H80C4 S	VELOCIDAD	1670 rpm
POTENCIA	1.08 Kw.	FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE	255 277/440 480 V.	IP	54
REDUCTOR DE TRANSMISIÓN			
MARCA	Bonfiglioli	CODIGO	2E05013036
TIPO	C35 3 P 80	MOUNT POS	B6 62.0
MINI CENTRAL HIDRAULICA			
MARCA	Biasetton Oleodinamica Genova	CAUDAL	5 /15 L/min.
TIPO	SCV050 . MG9 . 1,5K . 7070201209	PRESION	90 BAR
MOTOR			
MARCA	Brook Crompton	VOLTAJE	254-277 / 440-480 V.
MODELO	T-DA90LH4	AMPERAJE	6.5-5.9/3.7-3.4 Amp.
POTENCIA	1.5 Kw.	VELOCIDAD	1720 rpm
FASES	3	FRECUENCIA	60 Hz
VALVULA ELECTROHIDRAULICA DE MANDO			
MARCA	Atos	MODELO	DHI-0710 23
FILTRO DE ACEITE			
MARCA	MP Filtri S.p.A	MODELO	CT-070-P25-A-B
CADENA DE RUEDA DE GOMA			
NUMERO DE HILERAS	Simple	PASO	1/2"
CHUMACERAS			
MODELO	SL 205	CANTIDAD	45
TIPO	De pared		
RUEDA DE GOMA			
MATERIAL	Poliuretano	CANTIDAD	180
ANCHO	25 mm.	DIAMETRO EXTERNO	120 mm.
DIAMETRO INTERNO	25 mm.		

5.2.2 Nivel de Criticidad

Necesitamos conocer el nivel de criticidad del equipo para conocer la importancia que tiene el equipo sobre el proceso de producción, con esto podemos tomar una mejor decisión sobre preparar el plan de mantenimiento. En la tabla 5.7 figuran las variables que se deben evaluar, cada una de ellas tienen un puntaje.

CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS				
ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
1	EFFECTO SOBRE LA PRODUCCION			
		Para	4	No se puede seguir produciendo
		Reduce	2	Se produce parcialmente o se baja el ritmo de producción
		No para	0	No afecta a la producción
2	VALOR TECNICO ECONOMICO			
	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento	Alto	3	Más de \$20000
		Medio	2	Más de \$1000 y menos de \$20000
		Bajo	1	Menos de \$1000
3	LA FALLA AFECTA:			
	a) Al equipo en sí	Sí	1	¿Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b) Al Servicio	Sí	1	¿Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c) Al Operador	Riesgo	1	¿Posibilidad de accidente del operador?
		Sin riesgo	0	
	d) A la Seguridad y/o Medio Ambiente en general	Sí	1	¿Posibilidad de accidente a otras personas, otros
		No	0	
4	PROBABILIDAD DE FALLAS (CONFIABILIDAD)			
		Alta	2	¿Se puede asegurar de que el equipo va a trabajar
		Baja	0	
5	DETECTABILIDAD DE LA FALLA			
		Difícil	2	Que tan fácil es detectar la falla por medios sensoriales o instrumentales, monitoreando las condiciones operacionales de sus funciones
		Fácil	0	
6	FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA			
		Único	2	No existe otro igual o similar
		By Pass	1	El Sistema puede seguir funcionando
		Stand By	0	Existe otro igual o similar instalado
7	DEPENDENCIA LOGISTICA			
		Importado	2	Repuestos que se tienen que importar
		Local/Importado	1	Algunos repuestos se compran localmente
		Local	0	Repuestos se consiguen localmente
8	DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA			
		Terceros	2	El mantenimiento requiere contratar a terceros
		Propia	0	El mantenimiento se realiza con personal propio
9	FACILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)			
		Baja	1	Mantenimiento complicado
		Alta	0	Mantenimiento simple

Tabla 5.7 Variables de evaluación de criticidad

En la tabla 5.8 anotamos todos los puntajes de las variables, el puntaje total acumulado es 17.

CALCULO DE LA CRITICIDAD														
ITEM	PONDERACION													ESCALA DE REFERENCIA
	1	2	3A	3B	3C	3D	4	5	6	7	8	9	TOTAL	
N° 1	4	3	1	0	1	0	2	2	2	1	0	1	17	Equipo Critico

Tabla 5.8 Cálculo de la criticidad

Luego el puntaje total de 17 lo ubicamos en la tabla 5.9, indicándonos que la línea de laminado es un equipo crítico, con un nivel de criticidad uno, quiere decir que debemos dar una mayor prioridad en el plan de mantenimiento.

ESCALA DE REFERENCIA			NIVEL DE CRITICIDAD
A	EQUIPO CRITICO	16 A 20	1
B	EQUIPO IMPORTANTE	11 A 15	
C	EQUIPO REGULAR	06 A 10	2
D	EQUIPO OPCIONAL	00 A 05	2

Tabla 5.9 Nivel de criticidad

5.2.3 Formato de informe y prevención de fallas

Para tener un mejor registro de las fallas, se preparó un formato de informe y prevención de fallas, véase figura 5.12, donde indica los detalles de cada evento, con esto se podrá investigar las causas y la solución que se debe adoptar para que no se repita la falla. Cada vez que ocurra una falla, el técnico registrara el evento en el formato de informe y prevención de fallas, donde se detalla la fecha y hora del evento, el lugar donde la falla se presenta, la descripción detallada de la falla, las causas que lo provocaron, la solución que se le dio para eliminar la falla y el personal que intervino, con esto podemos tener un registro de todos los detalles de la intervención para obtener un mejor análisis en la solución definitiva de las mismas y una base de datos para el cálculo de los indicadores de mantenimiento.

5.2.4 Catálogo de códigos de falla

Para identificar donde ocurrió una falla, se preparó un catálogo de códigos de falla, véase tabla 5.10, donde se identifica a un componente o conjunto de componentes mediante un código. Este código debe ser ingresado en el formato de informe y prevención de fallas, con esto se puede realizar fácilmente un análisis estadístico de las fallas.

Formato de Prevención de Fallas		
N° _____		
Equipo:	_____	
Subsistema:	_____	
Reportado:	Fecha: ___/___/___	Hora: _____
Reparado:	Fecha: ___/___/___	Hora inicio: _____ Tiempo: _____
Descripción de la falla:		

Causas:		

Soluciones y acciones tomadas:		

Técnicos de turno:		

		Supervisor y/o Jefe de Mantenimiento

Fig. 5.12 Formato de prevención de fallas

CATALOGO DE CÓDIGOS DE FALLAS

1000	MESA DE CADENA
1100	TRANSMISIÓN MECÁNICA
C_1101	MOTOR ELÉCTRICO
C_1102	REDUCTOR
C_1103	CADENAS
C_1104	PIÑONES
C_1105	TEMPLADORES DE CADENA
C_1106	PISTÓN HIDRÁULICO
C_1107	VALVULA DE DISTRIBUCIÓN
C_1108	OTROS
1200	MESA DE RECEPCIÓN
C_1201	RUEDAS DE GOMA
C_1202	CHUMACERAS Y RODAMIENTOS RUEDAS DE GOMA
C_1203	TOPES DE GOMA CILÍNDRICOS
C_1204	SENSOR DE POSICIÓN
C_1205	OTROS
1300	MESA PENETRAR
C_1301	SENSORES FOTOELÉCTRICOS
C_1302	RODAMIENTOS DE GIRO
C_1303	LISTONES DE MADERA
1400	MINICENTRAL HIDRÁULICA
C_1401	MOTOR ELÉCTRICO DE MINICENTRAL HIDRÁULICA
C_1402	VALVULA ELECTROHIDRÁULICA DE MANDO
C_1403	TANQUE HIDRÁULICO
C_1404	FILTRO DE ACEITE
C_1405	MANOMETRO
C_1406	MEDIDOR DE NIVEL
C_1407	MANGUERAS HIDRÁULICAS DE ALTA PRESIÓN
1500	MECÁNICA DE ESPESOR
C_1501	RUEDA DE GOMA
C_1502	CHUMACERA Y RODAMIENTO DE GIRO
C_1503	PIÑONES
C_1504	SENSOR DE MEDIDA
1600	SISTEMA ELÉCTRICO
C_1601	SISTEMA ELÉCTRICO
C_1602	CONTROL DE MANDO FLEJO
2000	CLAVADORA Y SECADORA
2100	SUMINISTRO DE AGUA
C_2101	MOTOR BOMBA
C_2102	CONECTORES RÁPIDOS DE FUERZA
C_2103	TINAS DE AGUA
C_2104	FILTROS DE PARTÍCULAS
C_2105	RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO
C_2106	FLOTADORES DE NIVEL
C_2107	VALVULA DE INGRESO DE AGUA
C_2108	MANGUERAS Y ACCESORIOS DE DISTRIBUCIÓN
C_2109	TUBERIAS DE SALIDA
C_2110	RODADORES
2200	TRANSMISIÓN MECÁNICA
C_2201	MOTOR ELÉCTRICO
C_2202	REDUCTOR PRINCIPAL
C_2203	CADENAS DE TRANSMISIÓN
C_2204	CHUMACERAS Y RODAMIENTOS
C_2205	TEMPLADOR DE CADENA
C_2206	PIÑONES DE CONEXIÓN CON TRANSMISIÓN SUPERIOR
C_2207	RODILLOS DE LAVADO
C_2208	RODILLOS DE SECADO
C_2209	PIÑONES DE RODILLO
2300	SISTEMA DE LAVADO
C_2301	MOTOR ELÉCTRICO
C_2302	FAJAS
C_2303	TEMPLADOR DE FAJAS
C_2304	CEPILLOS
C_2305	POLEAS DE CEPILLOS
C_2306	CERDAS PROTECTORAS DE CEPILLOS
C_2307	CHUMACERAS
C_2308	RODAMIENTOS
C_2309	REGULADORES SUPERIORES
C_2310	PISTONES NEUMÁTICOS DE 1° CEPILLO
2400	SECADORA
C_2401	MOTOR SOPLADOR
C_2402	FILTRO DE INGRESO
C_2403	COMPUERTA DE SALIDA DE AIRE
C_2404	MANGUERAS DE AIRE
C_2405	SOPLADORES METÁLICOS
2500	SISTEMA ELÉCTRICO (E)
C_2501	BARRAS ELECTROSTÁTICAS
C_2502	EQUIPO ELIMINADOR ELECTROSTÁTICO
2600	ELEVACIÓN DE MESA SUPERIOR
C_2601	MOTORES
C_2602	REDUCTORES
C_2603	EJES Y ACOPLÉS DE TRANSMISIÓN
C_2604	PISTONES DE ELEVACIÓN
2700	SISTEMA ELÉCTRICO
C_2701	PANEL DE CONTROL
C_2702	SISTEMA DE FUERZA
C_2703	SISTEMA DE CONTROL
C_2704	INTERFACE DE CONTROL HMI
C_2705	LÍMITE DE CARRERA DE APERTURA DE MESA SUPERIOR
C_2706	SENSOR DE POSICIÓN-APERTURA DE MESAS
2800	SISTEMA NEUMÁTICO
C_2801	ELECTROVALVULAS NEUMÁTICAS
C_2802	MANGUERAS DE AIRE
C_2803	UNIDAD DE MANTENIMIENTO
3000	AREA DE ENTUBAMIENTO
3100	SISTEMA DE TRANSMISIÓN
C_3101	MOTOR ELÉCTRICO
C_3102	REDUCTOR PRINCIPAL
C_3103	CADENAS
C_3104	GUIAS DE CADENA
C_3105	PIÑONES
3200	MESA DE TRANSPORTE
C_3201	RUEDAS DE GOMA
C_3202	CHUMACERAS Y RODAMIENTOS RUEDAS DE GOMA
3300	SISTEMA DE TOPES LATERAL Y FRONTAL
C_3301	TOPES FRONTALES
C_3302	CILINDRO NEUMÁTICO DE TOPE LATERAL
C_3303	FAJA Y GUIA LATERAL
C_3304	ENGRANAJES DE TRANSMISIÓN DE FAJA LATERAL
3400	COMPUERTA DE INGRESO
C_3401	CILINDROS NEUMÁTICOS
C_3402	VALVULA DE CONTROL
C_3403	COMPUERTA
3500	SISTEMA ELÉCTRICO
C_3501	SISTEMA ELÉCTRICO
C_3502	SENSORES FOTOELÉCTRICOS TIPO POSTE
C_3503	SENSOR DE POSICIÓN DE VIDRIO
4000	CARRILLO VENTOSAS
4100	ELEVACIÓN DE VENTOSAS
C_4101	BOMBA HIDRÁULICA
C_4102	CILINDRO HIDRÁULICO
C_4103	MANGUERAS DE ALTA PRESIÓN
C_4104	PIÑONES Y GUIAS DENTADAS
C_4105	CHUMACERAS Y RODAMIENTOS DE PIÑONES DENTADOS
C_4106	GUIAS TUBULARES
4200	TRASLACION DE CARRILLO DE VENTOSAS
C_4201	MOTOR ELÉCTRICO
C_4202	REDUCTOR
C_4203	PIÑÓN DE TRASLACION
C_4204	GUIA DENTADA DE TRASLACION
C_4205	RODILLOS Y GUIAS DE ALINEACION
C_4206	SENSORES DE POSICIÓN

Tabla 5.10 Códigos de fallas

4300	LUBRICACION ENVALIZADA
C_4301	REGULADOR DE PRESION
C_4302	ELECTROVALVULA
C_4303	TANQUE DE LUBRICACION
C_4304	MANGUERAS DE DISTRIBUCION
C_4305	DISFICADOR DE SALIDA
4400	SISTEMA DE VACIO
C_4401	MOTOR ELECTRICO
C_4402	BOMBA DE VACIO
C_4403	MANGUERA PRINCIPAL DE SUCCION
C_4404	ELECTROVALVULA DE SUCCION
C_4405	VACUOMEIRO
4500	VENTOSAS
C_4501	MANGUERAS NEUMATICAS DE DISTRIBUCION
C_4502	SISTEMA DE SUCCION DE VENTOSAS
C_4503	VENTOSAS
5000	MESA DE COMPOSICION
5100	SISTEMA DE TRANSMISION
C_5101	MOTOR ELECTRICO
C_5102	REDUCTOR PRINCIPAL
C_5103	CADENAS
C_5104	GUIAS DE CADENA
C_5105	PIÑONES
5200	MESA DE COMPOSICION
C_5201	RUEDAS DE GOMA
C_5202	CHUMACERAS Y RODAMIENTOS RUEDAS DE GOMA
5300	COMPUERTA DE SALIDA
C_5301	CILINDROS NEUMATICOS
C_5302	VALVULA DE CONTROL
C_5303	COMPUERTA
5400	SISTEMA ELECTRICO
C_5401	GABINETE DE CONTROL Y FUERZA
C_5402	MONITOR DE VISUALIZACION HMI
C_5403	MANDO DE CONTROL MANUAL DE MOVIMIENTO
C_5404	SENSORES FOTOELECTRICOS-TIPO POSTE
C_5405	SENSOR DE POSICION DE VIDRIO
C_5406	FINAL DE CARRERA DE SALIDA
6000	TRANSMISION
6100	SISTEMA DE TRANSMISION
C_6101	MOTORES ELECTRICOS
C_6102	REDUCTORES
C_6103	ENGRANAJES
C_6104	RUEDAS DE APOYO DE ROLLOS DE PVC
7000	HORNO
7100	HORNO
C_7101	LAMPARAS DE CALOR SUPERIOR
C_7102	LAMPARAS DE CALOR INFERIOR
C_7103	CONECTORES Y CABLES DE FUERZA DE ALIMENTACION
C_7104	RODILLOS AISLADORES
C_7105	CUBIERTAS AISLADORAS SUPERIORES
7200	TRANSMISION
C_7201	MOTOR ELECTRICO
C_7202	REDUCTOR
C_7203	CADENA
C_7204	PIÑONES
C_7205	CHUMACERAS Y RODAMIENTOS
7300	SISTEMA ELECTRICO
C_7301	SENSOR DE TEMPERATURA-HORNO 1
C_7302	SENSOR DE TEMPERATURA-HORNO 2
C_7303	TABLERO DE CONTROL DE HORNO
C_7304	TABLERO PRINCIPAL DE FUERZA
7400	SUMINISTRO DE AIRE
C_7401	UNIDAD DE MANTENIMIENTO
C_7402	MANGUERAS DE AIRE
8000	PRESA
8100	MESA DE Prensado
C_8101	RODILLO DE Prensado SUPERIOR - PrensA 1
C_8102	RODILLOS DE Prensado INFERIOR - PrensA 1
C_8103	RODILLOS DE Prensado SUPERIOR - PrensA 2
C_8104	RODILLOS DE Prensado INFERIOR - PrensA 2
C_8105	ENGRANAJES DE TRANSMISION DE RODILLOS
C_8106	CHUMACERA Y RODAMIENTO DE RODILLO
C_8107	SENSOR DE DISTANCIA ENTRE RODILLOS
C_8108	PISTON NEUMATICO DE APERTURA TOTAL DE RODILLOS
8200	TRANSMISION
C_8201	CADENAS DE TRANSMISION DE RODILLOS DE Prensado
C_8202	MOTOR DE APERTURA DE RODILLO SUPERIOR
C_8203	REDUCTOR DE APERTURA DE RODILLO SUPERIOR
C_8204	PIÑONES DE APERTURA RODILLO SUPERIOR
9000	MESA DE RECEPCION
9100	TRANSMISION MECANICA
C_9101	MOTOR ELECTRICO
C_9102	REDUCTOR
C_9103	CADENAS
C_9104	PIÑONES
C_9105	TEMPLADORES DE CADENA
C_9106	PISTON HIDRAULICO
C_9107	VALVULA DE DISTRIBUCION
C_9108	OTROS
9200	MESA DE RECEPCION
C_9201	RUEDAS DE GOMA
C_9202	CHUMACERAS Y RODAMIENTOS RUEDAS DE GOMA
C_9203	TOPES DE GOMA CILINDRICOS
C_9204	SENSOR DE POSICION
C_9205	OTROS
9300	MESA PENDULAR
C_9301	SENSORES FOTOELECTRICOS
C_9302	RODAMIENTOS DE GIRO
C_9303	LISTONES DE MADERA
9400	MINICENTRAL HIDRAULICA
C_9401	MOTOR ELECTRICO DE MINICENTRAL HIDRAULICA
C_9402	VALVULA ELECTROHIDRAULICA DE MANDO
C_9403	TANQUE HIDRAULICO
C_9404	FILTRO DE ACEITE
C_9405	MANOMETRO
C_9406	MEDIDOR DE NIVEL
C_9407	MANGUERAS HIDRAULICAS DE ALTA PRESION
9500	MEDICION DE ESPESOR
C_9501	RUEDA DE GOMA
C_9502	CHUMACERA Y RODAMIENTO DE GIRO
C_9503	PIÑONES
C_9504	SENSOR DE MEDIDA
9600	SISTEMA ELECTRICO
C_9601	SISTEMA ELECTRICO
C_9602	CONTROL DE MANDO FIJO

Observaciones:

Tabla 5.10 Códigos de falla

5.2.5 Stock de repuestos

Se preparó una lista de los repuestos que se deben tener en stock en el almacén de mantenimiento para asegurar el reemplazo inmediato, cada vez que se deteriore un componente importante que pueda ocasionar una parada parcial o total del equipo. Se muestra la descripción del componente y su cantidad mínima necesaria, dichos componentes son los necesarios para brindar una confiabilidad operacional del equipo en el primer año de operación, véase tabla 5.11.

5.3 Sistema de mantenimiento preventivo periódico

El sistema de mantenimiento preventivo periódico comprende las acciones y procedimientos que debe ejecutar cada empleado involucrado en la planificación, ejecución o aprobación del mantenimiento preventivo, las labores técnicas específicas de rutina que se deben realizar cada periodo de tiempo, también se determina las diferentes frecuencias de mantenimiento y la fecha de su ejecución, y por último se prepara un esquema de lubricación específico para cada componente del equipo.

5.3.1 Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo

Se preparó un diagrama de flujo del proceso de mantenimiento preventivo para la línea de laminado, véase figura 5.13, el cual indica el orden y distribución de las actividades que deben realizar todas las áreas comprometidas con los procesos de planificación, ejecución y supervisión de los trabajos de mantenimiento. Dichas actividades son realizadas por: el jefe de mantenimiento, jefe de producción, supervisor de mantenimiento, técnicos de mantenimiento y los operarios de producción.

LISTA DE REPUESTOS

MESA DE CARGA Y DESCARGA

N°	ARTICULO	CANTIDAD
1	Ruedas de goma de arrastre de vidrio	20
2	Topes de goma cilindrico de mesa basculante	6
3	Chumaceras de pared SL 205	10
4	Sensor de posición de vidrio	1

LAVADORA Y SECADORA

N°	ARTICULO	CANTIDAD
1	Resistencia eléctrica de calentamiento de agua 6 Kw.	2
2	Flotador de cobre, diametro 10"	2
3	Filtro tipo cartucho, salida de bomba de agua	2
4	Filtro tipo malla metálica, salida de bomba de agua	1
5	Conectores de mangueras de presión	3
6	Fajas de transmisión de cepillos	2
7	Acople rapido de tubería de rociadores	3
8	Toberas rociadoras de agua #1	4
9	Toberas rociadoras de agua #2	4
10	Válvula de cierre ingreso agua a tinas	2
11	Sensor de temperatura, alcance 100 °C	1
12	Filtro de ventilador de aire, 600mm.x600mm.x40mm.	1
13	Barra electrostática	1
14	Sensor de nivel de tina de agua	1
15	Chumaceras FL 205	10
16	Mangueras de aire 10"	6 m.

MESA DE ENCUADRE Y COMPOSICIÓN

N°	ARTICULO	CANTIDAD
1	Topes frontales de posición de vidrio	7
2	Cinta de acercamiento, 25 mm.x3mm.	5 m.
3	Ruedas de goma de arrastre de vidrio	20
4	Chumaceras de pared TR P205	10

CARRO DE VENTOSAS

N°	ARTICULO	CANTIDAD
1	Ventosas de succión	15
2	Mangueras de aire de succión 8mm.	10m.
3	Unidad de mantenimiento FRL	1
4	Sensor de posición	1

HORNOS

N°	ARTICULO	CANTIDAD
1	Lamparas tipo infrarrojo, 3 Kw.	6
2	Soportes de lamparas IR	12
3	Cinta de fibra de vidrio, ancho 40 mm., espesor 2.5 mm.	20 m.
4	Sensor de temperatura IR, alcance 600 °C	1
5	Chumaceras tipo P205	10
6	Bloque cerámico de cables de alimentación de lamparas IR	6

Tabla 5.11 Repuestos recomendados para el 1° año de operación

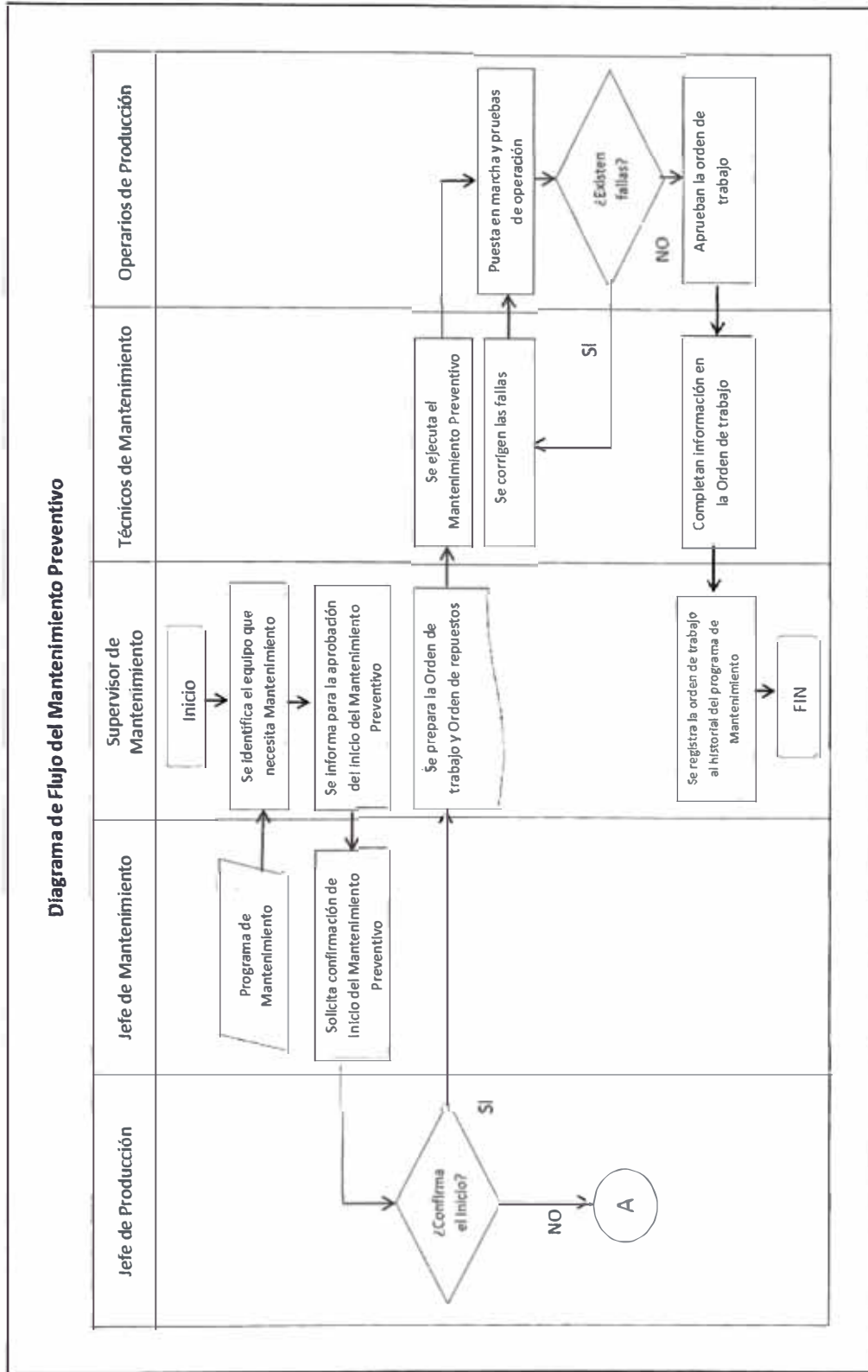


Fig. 5.13 Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo

5.3.2 Frecuencias de mantenimiento

Los mantenimientos preventivos iniciales fueron realizados con una frecuencia quincenal en los 2 primeros meses, después se estableció unas nuevas frecuencias: mensual, trimestral, semestral y anual, con esto se consiguió distribuir las tareas de mantenimiento adecuadamente a cada periodo de tiempo. En la figura 5.14 se muestra las frecuencias de mantenimiento distribuidas a lo largo de un periodo de 14 meses para visualizar y tener control de la fecha que se debe intervenir el equipo para su Mantenimiento Preventivo.

5.3.3 Tareas periódicas de mantenimiento

Se prepara un listado detallado de las tareas que se deben realizar en el mantenimiento preventivo en la línea de laminado, considerando las soluciones que se recomendaron en el análisis de las fallas iniciales, el nivel de criticidad, vida útil de los componentes y recomendaciones recogidas a lo largo de los mantenimientos preventivos. Para tener un mejor control de las tareas que se deben realizar en cada mantenimiento, estas tareas se han distribuido a lo largo de las distintas frecuencias de mantenimiento anteriormente descritas, como se visualiza en la tabla 5.12.

TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
MESA DE CARGA						
CODIGO	DESCRIPCION	FRECUENCIA				
		Q	M	T	S	A
	Sistema Mecánico:					
M1001	Inspeccionar el estado físico de las mangueras hidráulicas, brazo hidráulico, si es necesario cambiarlo		x			
M1002	Inspeccionar el funcionamiento de la central hidráulica, medición de presión, nivel de aceite, etc.	x				
M1003	Controlar el nivel de aceite de la central hidráulica, rellenar si es necesario	x				
M1004	Sustituir completamente el aceite hidráulico y filtro de la central hidráulica					x
M1005	Limpiar e Inspeccionar estado físico de las ruedas de goma de la mesa de traslación, si es necesario sustituirlos	x				
M1006	Limpiar e Inspeccionar estado físico de las ruedas de goma y listones de madera de la mesa basculante, si es necesario sustituirlos	x				
M1007	Inspeccionar, limpiar y lubricar las cadenas, piñones y guías.		x			
M1008	Inspección y lubricación de los engranajes del sensor de espesor de vidrio			x		
	Sistema eléctrico:					
E1001	Medición e inspección de parámetros eléctricos del motor de la central hidráulica y electroválvula.			x		
E1002	Medición e inspección de parámetros eléctricos del motorreductor de traslación			x		
E1003	Inspeccionar el mando de control de la mesa de carga	x				
E1004	Inspeccionar todos los cables de alimentación del circuito de fuerza y control					x
	Sistema electrónico:					
L1001	Limpiar e inspeccionar el estado físico de los sensores de posición de la mesa	x				
L1002	Limpiar e inspeccionar el estado físico del sensor de posición de vidrio	x				
L1003	Inspección del Sensor de espesor de vidrio			x		
LAVADORA Y SECADORA						
CODIGO	DESCRIPCION	FRECUENCIA				
		Q	M	T	S	A
	Sistema Mecánico:					
M2001	Vaciar las tinas para lavarlas	x				
M2002	Limpiar y revisar el estado de las resistencias, boyas y accesorios internos de las tinas	x				
M2003	Limpiar los filtros del agua de envío y el soporte filtrante interno	x				
M2004	Limpiar los filtros de agua de la salida de las bombas	x				
M2005	Limpiar las toberas del agua		x			
M2006	Inspeccionar las mangueras de agua y conexiones rápidas	x				
M2007	Mantenimiento preventivo de las bombas de agua, rodamientos, sellos, etc.					x
M2008	Limpiar los rodillos de goma de transporte y controlar el desgaste de sus escobillas	x				
M2009	Controlar la tensión y lubricar las cadenas, templadores y piñones, si fuera necesario	x				
M2010	Controlar la tensión de las fajas de los cepillos y desgaste de las poleas, si fuera	x				
M2011	Controlar el desgaste de los cepillos			x		
M2012	Inspeccionar el funcionamiento del sistema neumático de elevación del primer rodillo, piston, válvula, mangueras.			x		
M2013	Mantenimiento preventivo de los reductores y cilindros mecánicos de elevación de					x
M2014	Limpiar el filtro de aire del soplador		x			
M2015	Limpiar las mangueras y cabina del motor del soplador			x		
M2016	Limpiar las estructuras superior e inferior de salida del aire del soplador				x	
M2017	Limpieza de las barras electrostáticas	x				
M2018	Controlar y/o vaciar el agua acumulada de las trampas de condensación de los filtros de	x				
M2019	Controlar el nivel de aceite del grupo del filtro de aire, si es necesario rellenar y purgar	x				

Tabla 5.12 Tareas de mantenimiento preventivo

	Sistema eléctrico:					
E2001	Medición de parámetros eléctricos y funcionamiento de las resistencias de calentamiento de agua	x				
E2002	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento del motor de soplado			x		
E2003	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento de los motores de las 03 bombas de agua	x				
E2004	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento de los motorreductores de elevación de la mesa superior			x		
E2005	los cepillos		x			
E2006	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento del motorreductor de los rodillos de traslación			x		
E2007	Inspeccionar y limpiar el tablero eléctrico y panel de control, circuitos de control y fuerza.	x				
E2008	Inspeccionar y limpiar el Grupo de Alimentación de las barras electrostáticas			x		
E2009	Inspeccionar el funcionamiento de las paradas de emergencia	x				
E2010	Inspeccionar todos los cables de alimentación del circuito de fuerza y control					x
	Sistema electrónico:					
L2001	Inspeccionar el Grupo de Alimentación de las barras electrostáticas		x			
L2002	Inspeccionar el funcionamiento de las barras electrostáticas		x			
L2003	Inspeccionar el sensor de posición de apertura de mesa de lavado	x				
MESA DE ACERCAMIENTO Y ENCUADRADO						
CODIGO	DESCRIPCION	FRECUENCIA				
		Q	M	T	S	A
	Sistema Mecánico:					
M3001	tensar las cadenas	x				
M3002	Inspeccionar y/o cambiar la cinta de acercamiento	x				
M3003	Inspeccionar el sistema de transmisión de la cinta de acercamiento, si es necesario lubricar			x		
M3004	Limpiar e Inspeccionar estado físico de las ruedas de goma, si es necesario sustituirlos	x				
M3005	Inspeccionar sistema neumático de los topes de encuadre, pistón neumático, mangueras, topes de nylon		x			
	Sistema eléctrico:					
E3001	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento del motorreductor de ruedas de traslación			x		
E3002	Inspeccionar todos los cables de alimentación del circuito de fuerza y control					x
	Sistema electrónico:					
L3001	Inspeccionar funcionamiento del limit switch de posición del vidrio	x				
CARRO DE VENTOSAS						
CODIGO	DESCRIPCION	FRECUENCIA				
		Q	M	T	S	A
	Sistema Mecánico:					
M4001	Inspeccionar la central hidráulica, revisar el nivel de aceite, el estado físico de las mangueras, conexiones, accesorios de control, fugas en pistón de elevación			x		
M4002	Sustituir completamente el aceite hidráulico y filtro de la central hidráulica					x
M4003	Inspeccionar el estado físico de las ventosas, mangueras de vacío y accesorios de suspensión, resortes, estructuras metálicas	x				
M4004	Inspeccionar el estado físico de la manguera de vacío principal de salida de la bomba de vacío, si es necesario cambiarlo				x	
M4005	Inspeccionar nivel de aceite y fugas del depósito de lubricación automática de las gulas de traslación	x				
M4006	Inspeccionar las mangueras de lubricación automática, dosificadores, gulas de deslizamiento y rodillos de traslación		x			
M4007	Revisión y engrase del piñón y cremallera de traslación			x		
M4008	Revisión y engrase de los piñones, cremalleras y gulas tubulares verticales del mecanismo de elevación			x		
M4009	Inspección del nivel de aceite y funcionamiento de la bomba de vacío		x			
M4010	Cambio de los filtros de aire y aceite de la bomba de vacío					x

Tabla 5.12 Tareas de mantenimiento preventivo

Sistema eléctrico:						
E4001	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento del motorreductor de traslación			x		
E4002	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento de la central hidráulica del pistón de elevación			x		
E4003	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento de la bomba de vacío			x		
E4004	Inspeccionar todos los cables de alimentación del circuito de fuerza y control					x
Sistema electrónico:						
L4001	Inspeccionar y limpiar el sensor de posición vertical		x			
L4002	Inspeccionar y limpiar los sensores de posición horizontal		x			
MESA DE COMPOSICIÓN Y DESBARBADO						
CODIGO	DESCRIPCION	FRECUENCIA				
		Q	M	T	S	A
Sistema Mecánico:						
M5001	Controlar la tensión y lubricar las cadenas, templadores y piñones, si fuera necesario tensar las cadenas			x		
M5002	Limpieza e Inspeccionar estado físico de las ruedas de goma, si es necesario sustituirlos	x				
M5003	Controlar y/o vaciar el agua acumulada de las trampas de condensación de los filtros de aire comprimido	x				
M5004	Controlar el nivel de aceite del grupo del filtro de aire, si es necesario rellenar y purgar el agua de condensación	x				
Sistema eléctrico:						
E5001	Inspeccionar y limpiar el tablero eléctrico y panel de control, circuitos de control y fuerza.	x				
E5002	Inspeccionar el mando de control de la mesa de composición	x				
E5003	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento del motorreductor de ruedas de traslación			x		
E5004	Inspeccionar todos los cables de alimentación del circuito de fuerza y control					x
Sistema electrónico:						
L5001	Inspeccionar funcionamiento del limit switch de posición del vidrio	x				
ESTRUCTURA DE SOPORTE Y DESBOBINADO PVB						
CODIGO	DESCRIPCION	FRECUENCIA				
		Q	M	T	S	A
Sistema Mecánico:						
M6001	Inspección del desgaste de las ruedas de nylon de apoyo para la bobina de PVB		x			
M6002	Limpieza de las bandejas inoxidable de salida del PVB	x				
Sistema eléctrico:						
E6001	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento de los motores de desbobinado			x		
E6002	Inspeccionar todos los cables de alimentación del circuito de fuerza y control					x
HORNOS DE CALEFACCIÓN						
CODIGO	DESCRIPCION	FRECUENCIA				
		Q	M	T	S	A
Sistema Mecánico:						
M7001	Inspección y limpieza de la cinta de aislamiento de los rodillos de traslación	x				
M7002	Controlar la tensión y lubricar las cadenas y piñones de los rodillos de transporte	x				
M7003	aire comprimido	x				
M7004	Controlar el nivel de aceite del grupo del filtro de aire, si es necesario rellenar y purgar el agua de condensación	x				

Tabla 5.12 Tareas de mantenimiento preventivo

Sistema eléctrico:						
E7001	Inspección y limpieza de las resistencias eléctricas, conexiones y cables de alimentación	x				
E7002	Limpieza del interior de la cámara del horno			x		
E7003	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento del motorreductor de traslación			x		
E7004	Inspeccionar y limpiar el tablero principal de fuerza y control	x				
E7005	Inspeccionar todos los cables de alimentación del circuito de fuerza y control					x
Sistema electrónico:						
L7001	Inspección del funcionamiento de los sensores de temperatura infrarrojo	x				
L7002	Calibración de los sensores de temperatura infrarrojo					x
PRENSAS DE LAMINAS COMPUESTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	FRECUENCIA				
		Q	M	T	S	A
Sistema Mecánico:						
M8001	Inspección de los engranajes de los rodillos prensadores, si es necesario lubricarlo	x				
M8002	Limpieza de los rodillos de traslación	x				
M8003	Inspección del sistema neumático de elevación del rodillo prensador superior, cilindros neumáticos, electroválvulas y mangueras de aire			x		
M8004	Inspección y limpieza de la superficie de los rodillos prensadores de goma	x				
Sistema eléctrico:						
E8001	Medición de parámetros eléctricos e inspección del funcionamiento del motorreductor de rodillos prensadores			x		
E8002	Inspeccionar el funcionamiento de la parada de emergencia	x				
E8003	Inspeccionar todos los cables de alimentación del circuito de fuerza y control					x
Sistema electrónico:						
L8001	Inspección del sensor de posición del rodillo prensador superior	x				
L8002	Inspección del sensor de proximidad de salida de vidrio		x			
MESA DE DESCARGA						
CODIGO	DESCRIPCION	FRECUENCIA				
		Q	M	T	S	A
Sistema Mecánico:						
M9001	es necesario sustituirlos	x				
M9002	Limpiar e Inspeccionar estado físico de las ruedas de goma y listones de madera de la mesa basculante, si es necesario sustituirlos	x				
M9003	Inspeccionar, limpiar y lubricar las cadenas, piñones y guías.		x			
M9004	Inspeccionar el estado físico de las mangueras hidráulicas, brazo hidráulico, si es necesario cambiarlo		x			
M9005	Inspeccionar el funcionamiento de la central hidráulica, medición de presión, nivel de aceite, etc.	x				
M9006	Controlar el nivel de aceite de la central hidráulica, rellenar si es necesario	x				
M9007	Sustituir completamente el aceite hidráulico y filtro de la central hidráulica					x
M9008	Inspección y lubricación de los engranajes del sensor de espesor de vidrio			x		
Sistema eléctrico:						
E9001	Medición e inspección de parámetros eléctricos del motor de la central hidráulica y electroválvula.			x		
E9002	Medición e inspección de parámetros eléctricos del motorreductor de traslación			x		
E9003	Inspeccionar el mando de control de la mesa de carga	x				
E9004	Inspeccionar todos los cables de alimentación del circuito de fuerza y control					x
Sistema electrónico:						
L9001	Limpiar e inspeccionar el estado físico de los sensores de posición de la mesa basculante	x				
L9002	Limpiar e inspeccionar el estado físico del sensor de posición de vidrio	x				
L9003	Inspección del Sensor de espesor de vidrio			x		

Tabla 5.12 Tareas de mantenimiento preventivo

5.3.4 Lubricación

Preparamos esquemas de lubricación de cada subsistema de la línea de laminado que sirve como guía al técnico de mantenimiento para la aplicación de la lubricación a los componentes del equipo durante la ejecución del mantenimiento preventivo. En las figuras 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21 y 5.22 se muestran los esquemas de lubricación, allí se señala la ubicación exacta de los componentes a lubricar, se menciona el tipo de lubricante a utilizar, el nombre comercial del lubricante recomendado por el fabricante o su equivalente en el mercado nacional, la frecuencia con la que se debe lubricar cada componente y la cantidad recomendada de grasa o aceite que se debe utilizar como reemplazo o agregado adicional.

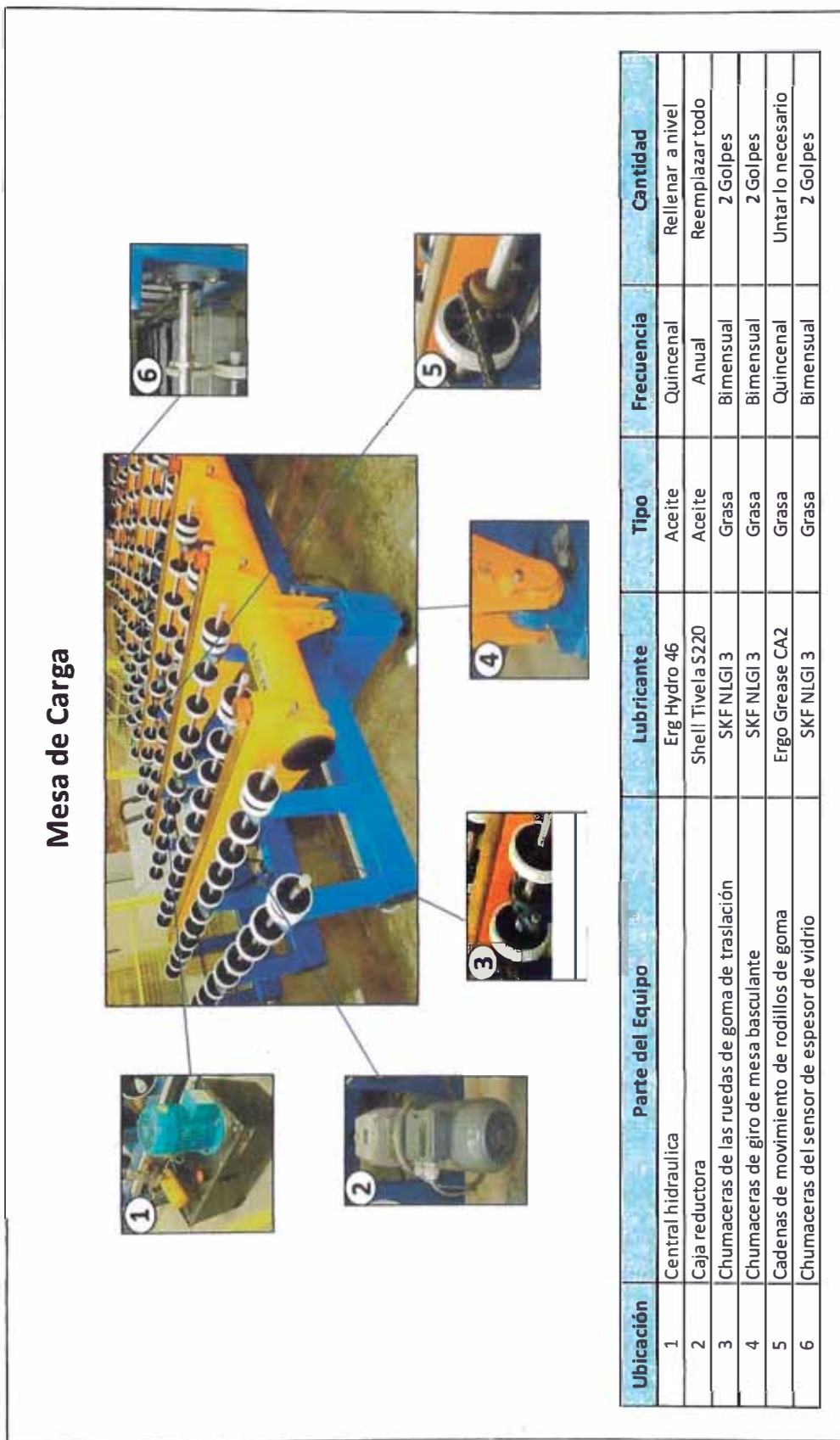


Fig. 5.15 Esquema de lubricación de mesa de carga

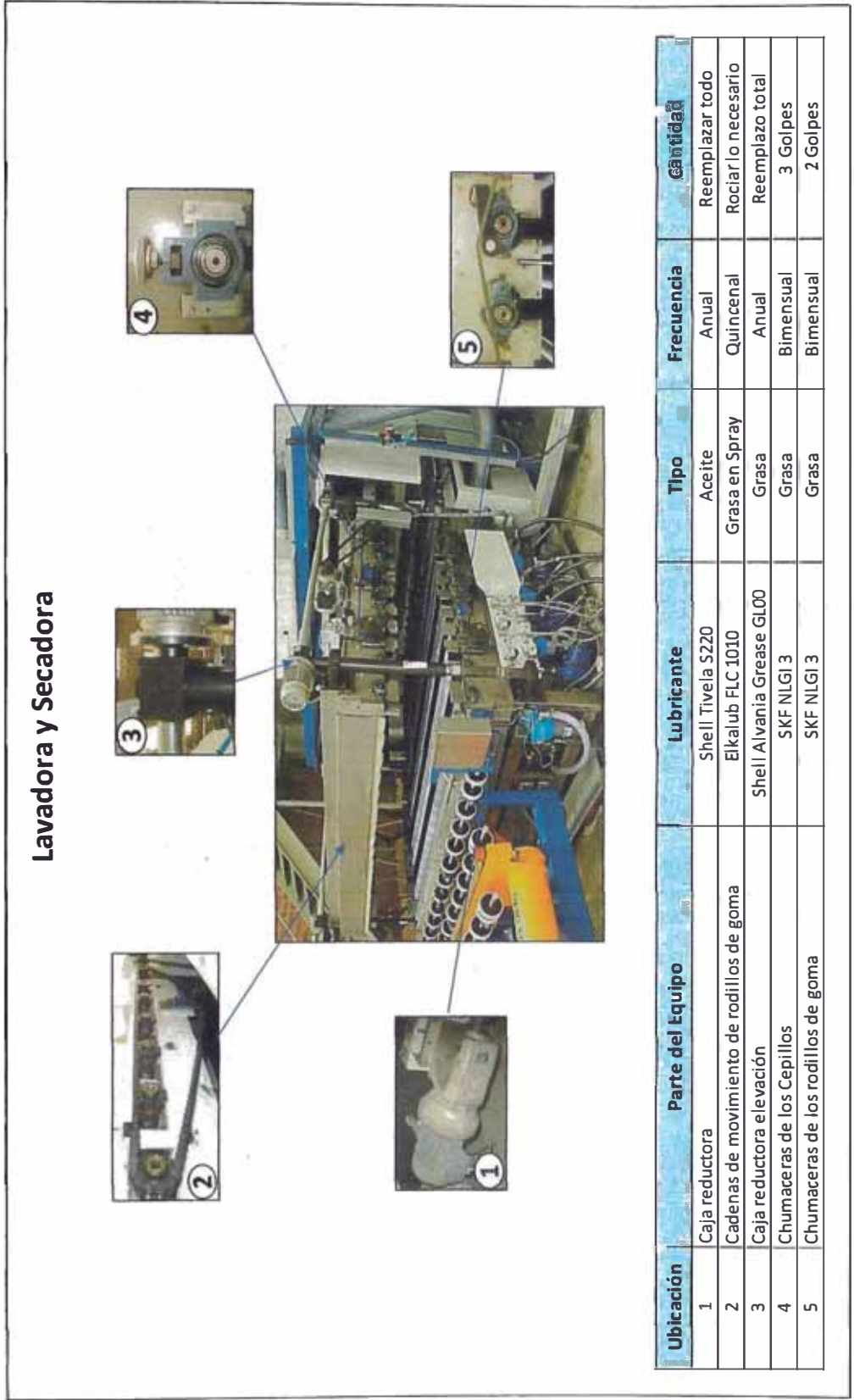
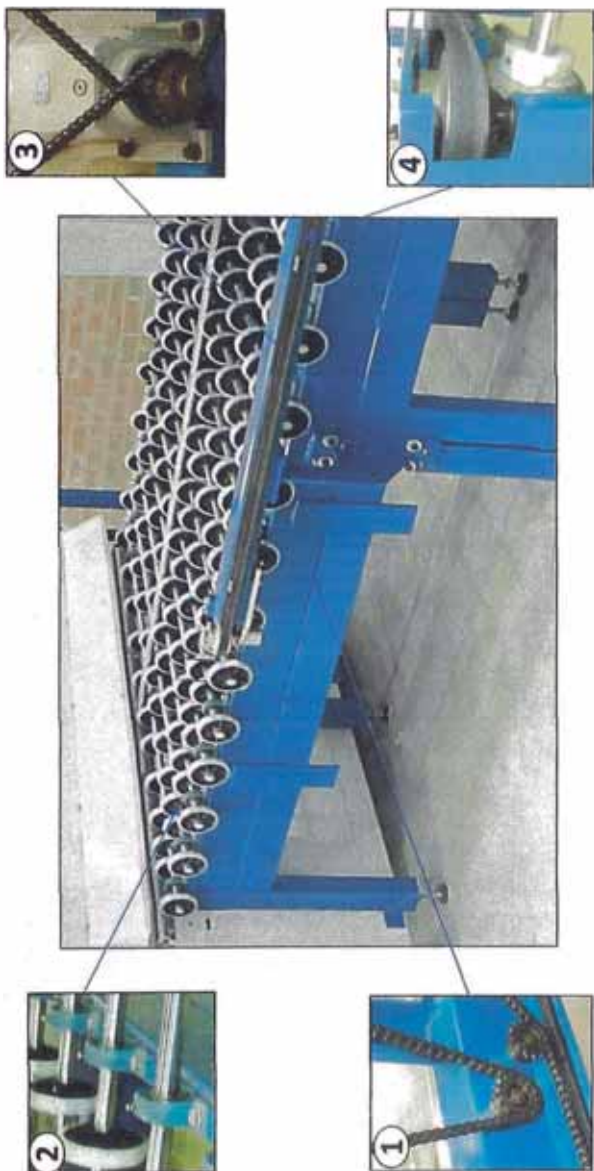


Fig. 5.16 Esquema de lubricación de la lavadora y secadora

Mesa de Acercamiento y Encuadrado



Ubicación	Parte del Equipo	Lubricante	Tipo	Frecuencia	Cantidad
1	Cadenas de movimiento de rodillos de goma	Ergo Grease CA2	Grasa	Quincenal	Untar lo necesario
2	Chumaceras de rodillos y tope de encuadre	SKF NLGI 3	Grasa	Bimensual	2 Golpes
3	Caja reductora	Shell Tivela S220	Aceite	Anual	Reemplazar todo
4	Engranaje de movimiento de cinta	Shell Alvania Grease GL00	Grasa	Quincenal	Untar lo necesario

Fig. 5.17 Esquema de lubricación de mesa de acercamiento y encuadrado

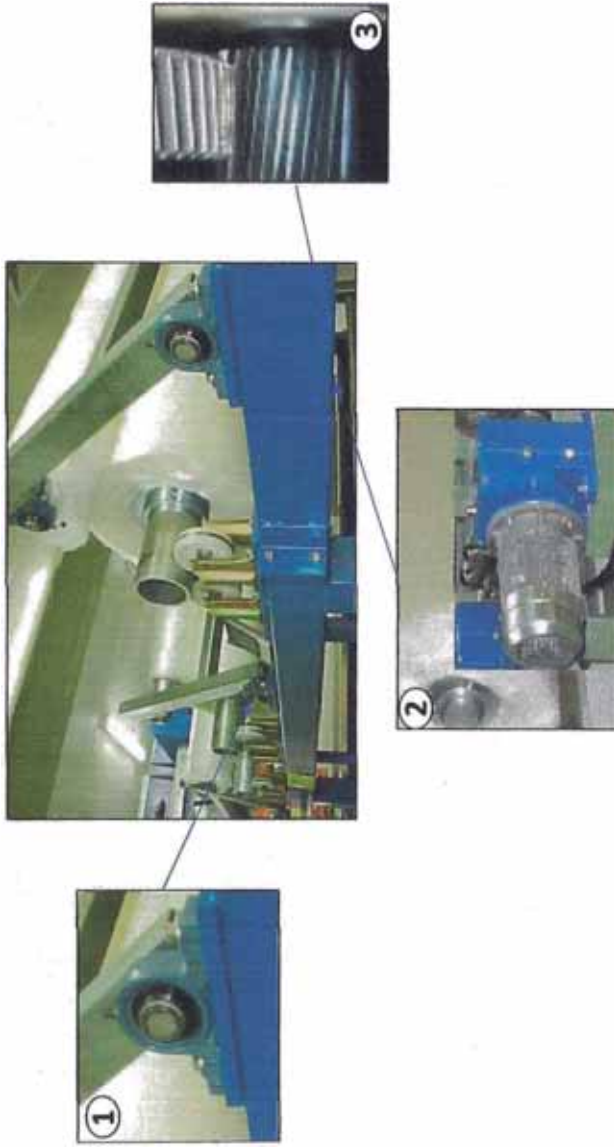


Fig. 5.18 Esquema de lubricación de carro de ventosas



Fig. 5.19 Esquema de lubricación de mesa de composición

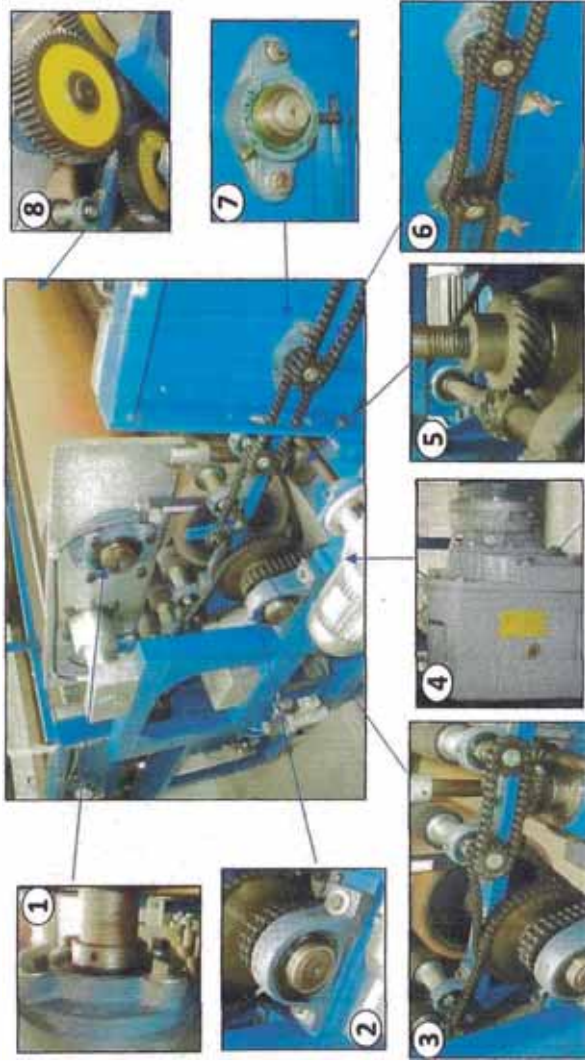
Desbobinadora



Ubicación	Parte del Equipo	Lubricante	Tipo	Frecuencia	Cantidad
1	Chumaceras de rollos de PVB	SKF NLGI 3	Grasa	4 meses	2 Golpes
2	Caja reductora de movimiento de rollos PVB	Shell Tivela S220	Aceite	Anual	Reemplazar todo
3	Piñones a la salida de la caja reductora	Shell Alvania Grease GL00	Grasa	Quincenal	Untar lo necesario

Fig. 5.20 Esquema de lubricación de la desbobinadora

Hornos y Prensas



Ubicación	Parte del Equipo	Lubricante	Tipo	Frecuencia	Cantidad
1	Chumaceras de rodillo prensador	SKF NLGI 3	Grasa	Bimensual	4 Golpes
2	Chumacera de piñon de transmisión	SKF NLGI 3	Grasa	Bimensual	3 Golpes
3	Cadenas - Zona prensa	Ergo Grease CA2	Grasa	Quincenal	Untar lo necesario
4	Caja reductora de la prensa y horno	Shell Tivela S220	Aceite	Anual	Reemplazar todo
5	Piñones de elevación de rodillo prensador	SKF LGHB 2	Grasa	Quincenal	Untar lo necesario
6	Cadenas - Zona Horno	Kluber Hote mp 2000	Grasa en Spray	Quincenal	Rociar lo necesario
7	Chumaceras de rodillos del horno y prensa	SKF LGHB 2	Grasa	Mensual	2 Golpes
8	Piñones de rodillos prensadores	Shell Alvania EP	Grasa	Quincenal	Untar lo necesario

Fig. 5.21 Esquema de lubricación de hornos y prensas

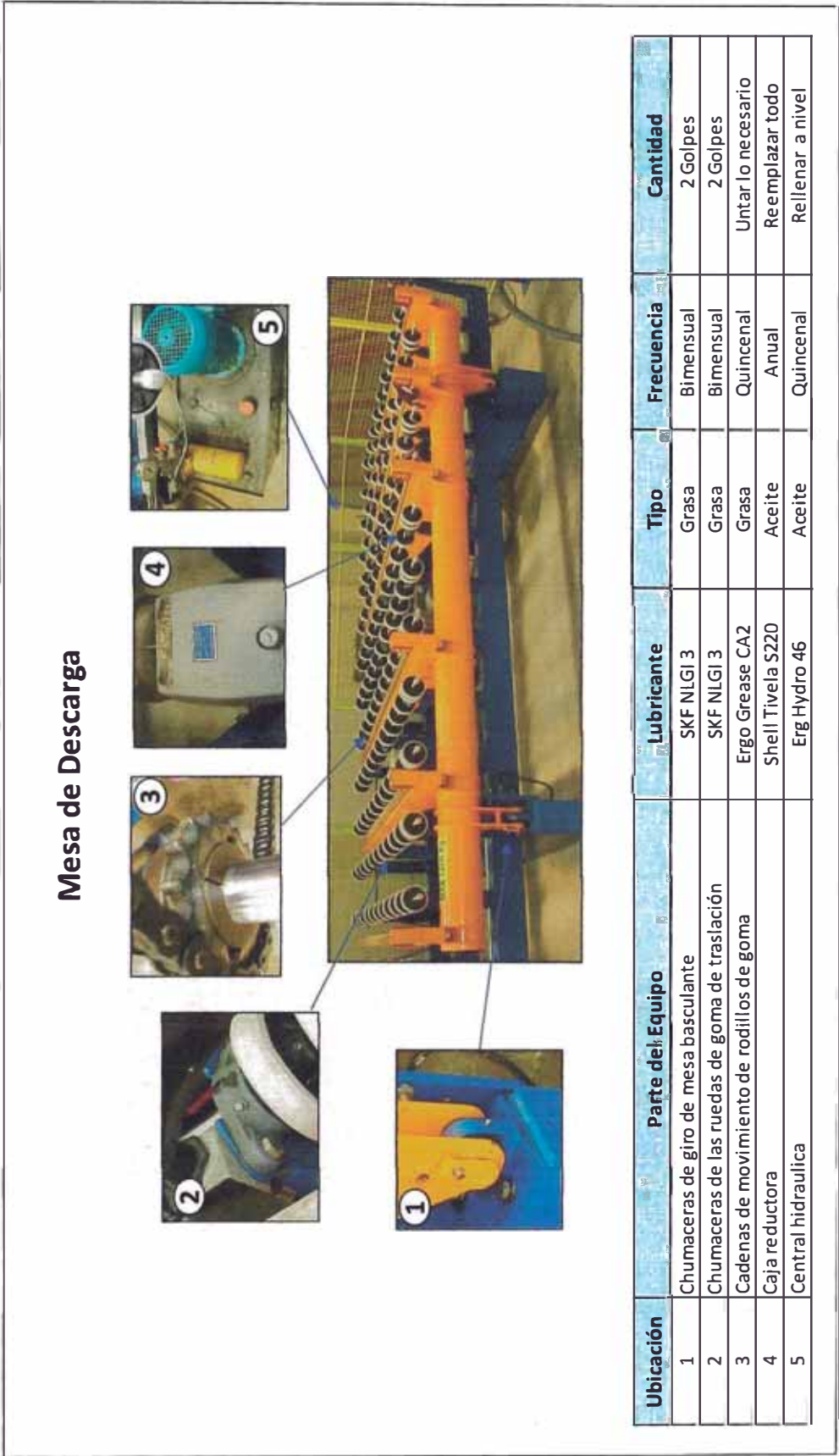


Fig. 5.22 Esquema de lubricación de mesa de descarga

5.4 Evaluación de los indicadores de mantenimiento

Una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo en la línea de laminado, procedemos a mostrar y evaluar los gráficos de los indicadores de mantenimiento en los 12 primeros meses de operación del equipo.

5.4.1 Número de fallas

En la figura 5.23 se muestra el número de fallas ocurridas en el equipo durante el primer año de operación, notamos como progresivamente la cantidad va disminuyendo a lo largo de los meses hasta obtenerse solamente 3 fallas en el último mes, como consecuencia tenemos menos paradas imprevistas, menores costos de mantenimiento por trabajos no planificados y mayores tiempos de operatividad.



Fig. 5.23 Gráfico del número de fallas

5.4.2 Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)

En la figura 5.24 se muestra el incremento mensual que tiene este indicador, llegando a tener en su último mes un valor de 71.1 horas, por lo tanto se dispone de más tiempo para la producción continua del equipo.

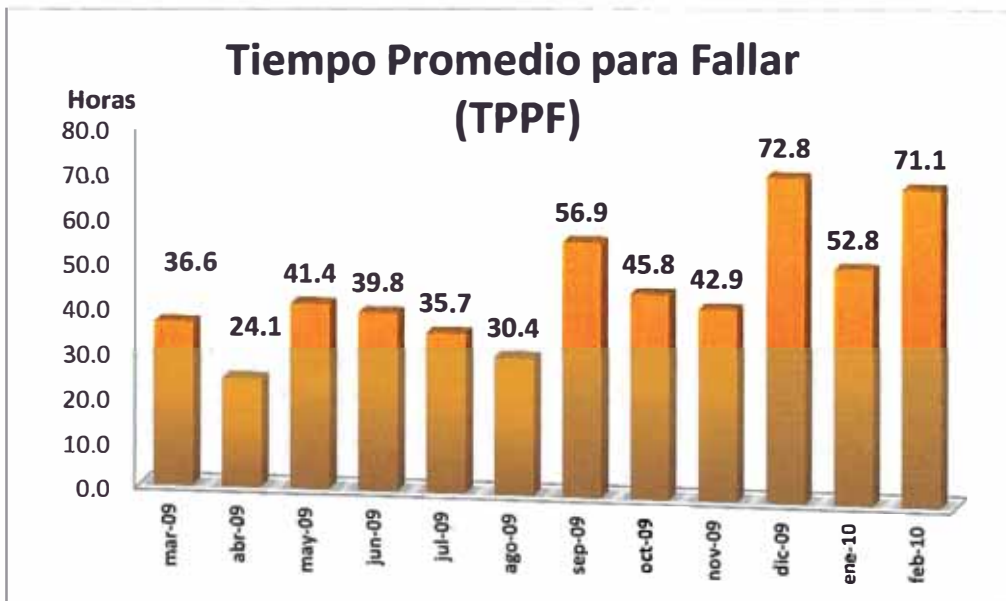


Fig. 5.24 Gráfico de tiempo promedio para fallar

5.4.3 Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)

En la figura 5.25 se muestra como va disminuyendo este indicador desde 3.4 horas hasta llegar a 2.3 horas, lo que significa que mejora la mantenibilidad del equipo, es decir que cada vez se hace más rápido el restablecimiento de la operatividad del equipo después de ocurrido una falla.

5.4.4 Disponibilidad

En la figura 5.26 se muestra como la disponibilidad se incrementa desde un 91.5% a un 96.9% al final del primer año de operación, este incremento de la

disponibilidad es favorable para asegurar una buena confiabilidad operacional del equipo.



Fig. 5.25 Gráfico de tiempo promedio para reparar

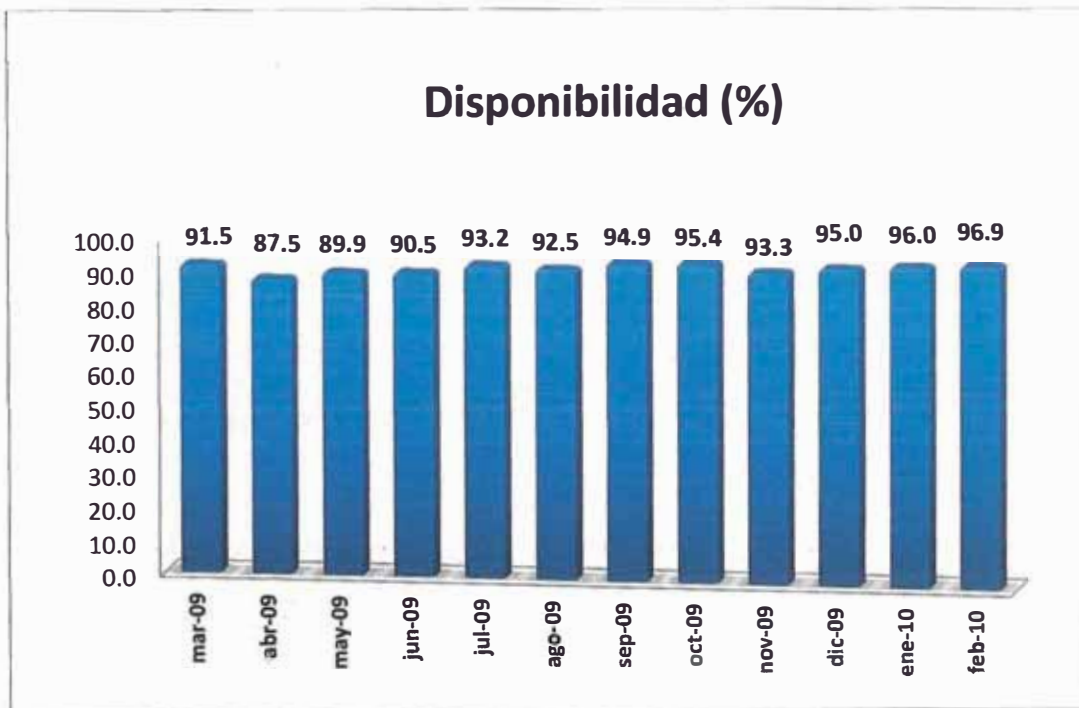


Fig. 5.26 Gráfico de disponibilidad

CONCLUSIONES

1. La información técnica del equipo suministrada por el fabricante tiene un alcance básico con especificaciones generales lo cual nos ayudó inicialmente a preparar información técnica más específica, entre ellas se desarrolló una ficha técnica del equipo, se evaluó su nivel de criticidad, se desarrolló un formato de prevención de fallas y se preparó un catálogo de subsistemas

2. Se realizó un análisis de las fallas con las herramientas diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa a las fallas que representaban más del 80% de los costos de mantenimiento, para luego detectar las causas que lo originan y la solución para evitar la aparición de los mismos eventos.

3. Se elaboró y ejecuto un plan de mantenimiento preventivo para la línea de laminado, el cual consiste en un diagrama de flujo del proceso de mantenimiento, una programación de las frecuencias de mantenimiento, tareas que se deben desarrollar periódicamente por subsistemas, un cronograma de frecuencias de mantenimiento y esquemas de lubricación.

4. Los valores de los indicadores de mantenimiento en los dos primeros meses de operación mostraron elevados números de fallas, grandes tiempos promedios por reparar, baja disponibilidad y cortos tiempos promedios para fallar. Después de ejecutarse el plan de mantenimiento preventivo durante el primer año de operación

de la línea de laminado, todos los indicadores de mantenimiento mejoraron considerablemente, el número de fallas descendió hasta 3, la disponibilidad se incrementó a 96.9%, el tiempo promedio para fallar (TPPF) aumento a 71.1 horas, el tiempo promedio para reparar (TPPR) descendió hasta 2.3 horas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda una capacitación a los técnicos de mantenimiento, específicamente sobre los diferentes procedimientos técnicos de mantenimiento en componentes especiales que se debe realizar durante el mantenimiento preventivo, impartida por técnicos calificados de la empresa proveedora de la línea de laminado.
2. Como complemento al plan de mantenimiento preventivo se debería preparar un programa de mantenimiento predictivo periódico, para continuar mejorando los indicadores de mantenimiento.
3. Se recomienda preparar procedimientos de mantenimiento para las tareas de mantenimiento que demanden mayor grado de precisión, elevado costo de mantenimiento y un alto riesgo de accidente en la ejecución, como son calibración, reemplazo y/o reparación de componentes críticos.
4. Se debe incorporar al plan de mantenimiento preventivo todas las mejoras, sugerencias y soluciones resultantes del análisis de falla y otras herramientas de confiabilidad que se realicen a lo largo de la vida útil del equipo.

BIBLIOGRAFIA

1. Carlos Mario Pérez Jaramillo

Gestión y Control de Mantenimiento Industrial, Seminario INCOLDA – EAFIT,
Medellín Julio 1987.

2. Duffuaa, A.

Sistema de Mantenimiento: Planeación y Control, editorial Limusa, México
2002.

3. Fernández - Navarro

El Vidrio, 2a edición 684 pp, Ed. CSIC, Madrid 2003.

4. Gloria S.A.

Maquina Cortadora TPM, fábrica de envases metálicos, Perú 2007.

5. John Moubray

Reliability Centered Maintenance, 2° edición, Inglaterra 1997.

6. Juan Díaz Navarro

Análisis de Averías, boletín de la revista Gestión de Activos Industriales,
Noviembre 1999.

7. Luis Amendola

Sistemas Balanceados de Indicadores en la Gestión de Activos – Maintenance Scorecard, artículo publicado en web www.mantenimientomundial.com 2003.

8. Luis Amendola

Modelos Mixtos de Confiabilidad , publicado por DataStream, Colombia 2002.

9. Manfredini T., Pellacani G. C. and Rincón

Glass-Ceramic, 1996.

10. Olivero García Palencia

Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial, ediciones de la U, Bogotá 2012.

11. Rafael Carranza Moreno

El Mantenimiento Productivo, primeras jornadas nacionales de mantenimiento ACIEM Cundimarca. Bogotá 1982.

12. Rosendo Huerta

Confiabilidad Operacional: Técnicas y Herramientas de Aplicación, seminario Customer Care, DataStream, Colombia 2004.

13. Santiago Sotuyo B.,

Gestión de Activos y Ciclo de Vida, Ellmann Sueiro y Asociados, Montevideo Uruguay 2002.

14. Tokutaro Suzuki

TPM en Industria de Proceso, publicación inicial de "Japan Institute of Plant Maintenance", 1995.