



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN EN EL
ÁREA DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA QUE ELABORA
SUMINISTRO PARA OFICINAS"**

INFORME DE PROYECTO DE GRADUACION

Previa a la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

EDWARD DAMIÁN PAZMIÑO ZAMBRANO

ERWIN ANDRÉS ZAMORA SALAZAR

Guayaquil - Ecuador

2011

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarnos y bendecirnos siempre.

A nuestros padres y hermanos(as), pilares fundamentales para alcanzar nuestras metas.

A nuestros profesores y en especial al Ing. Víctor Guadalupe Director de Tesina por su invaluable ayuda.

A nuestros amigos.

DAMIÁN & ANDRÉS

DEDICATORIA

A Dios

A nuestros padres

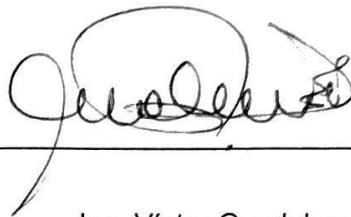
A nuestros hermanos (as)

A nuestros amigos (as)

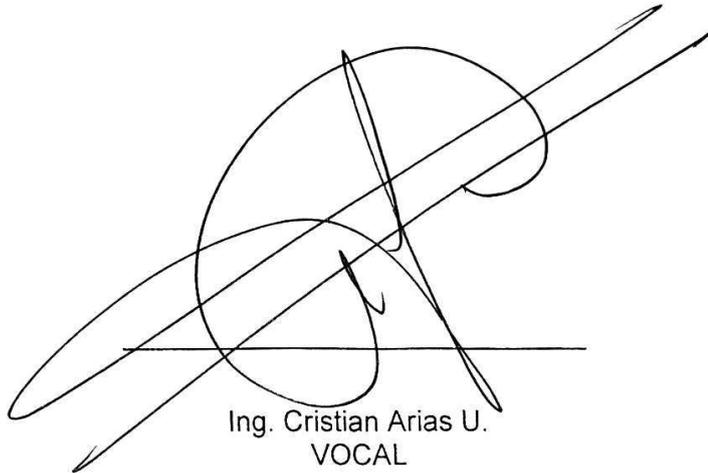
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Víctor Guadalupe E.
DIRECTOR DEL PROYECTO

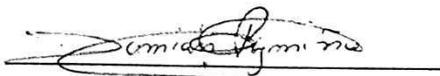


Ing. Cristian Arias U.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).


Damián Pazmiño Zambrano


Andrés Zamora Salazar

RESUMEN

El presente proyecto muestra el diseño y la implementación de un sistema de gestión para el área de mantenimiento de una empresa con más de 30 años en el mercado dedicada a la elaboración de suministros para oficinas y papelería en general.

En la primera parte se presenta el planteamiento y respectiva justificación del problema, además de los fundamentos teóricos que se requiere para elaboración de este trabajo.

En la siguiente etapa se realiza el diagnóstico situacional de la empresa para determinar el estado en la que se encuentra su gestión, en donde se determina que el problema se encuentra en el área de mantenimiento de la misma. El resultado que se obtuvo en este análisis fue principalmente; falta de un programa de mantenimiento preventivo a sus equipos, escasa información técnica en el área de mantenimiento y descoordinación entre los departamentos de producción, mantenimiento y compras.

Haciendo énfasis en el diagnóstico situacional, se determinó que la línea de producción de folders archivadores es en donde existe mayor problema, y esta

operación es realizada en la máquina CRATHERN, maquina que de acuerdo al análisis de eficiencia realizado es la que menos porcentaje de eficiencia posee.

Para lograr el objetivo se utilizó herramientas de mejora continua como mantenimiento productivo total (T.P.M), soportado por herramientas ingenieriles como; de análisis de criticidad, análisis de causa raíz, análisis de diagrama de Ishikawa y se aplicó la herramienta estadística de Weibull para análisis de confiabilidad de los equipos.

La aplicación de estas técnicas dio como resultado la reducción de pérdidas de tiempo y dinero ocasionadas en el proceso productivo desde la concepción de la materia prima hasta obtener el producto final, aumentando la calidad, productividad y dando origen a una cultura de comunicación para el efectivo desarrollo de las actividades. Para demostrar las mejoras se utilizó indicadores, los mismos que ayudan a visualizar los avances de los procesos y en la toma de decisiones para aplicar herramientas de mejora continua.

Al final de la tesina se expone las conclusiones y recomendaciones a las que se llega del trabajo realizado para que la empresa pueda implementar y mantener de manera efectiva el sistema de gestión de mantenimiento a esta línea de producción y luego poder generalizar para toda la empresa.

ÍNDICE GENERAL

	Pág
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1.GENERALIDADES.....	3
1.1 Planteamiento del problema – Justificación	3
1.2 Objetivos.....	19
1.3 Metodología.....	19
1.4 Estructura del proyecto.....	23

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Diagramas de flujo.....	25
2.2 Tipos de mantenimiento.....	27
2.3 Análisis de eficiencia total.....	36
2.4 Herramientas de gestión.....	40
2.5 5 S.....	42
2.6 Listas de chequeo.....	45
2.7 Análisis históricos de fallas.....	46
2.8 indicadores de gestión de mantenimiento.....	47

CAPÍTULO 3

3 DIAGNÓSTICO DEL ÁREA.....	50
3.1 Descripción del proceso de mantenimiento.....	48
3.2 Identificación de actividades.....	58
3.3 Identificación de condiciones iniciales.....	64
3.4 Análisis de fallas.....	84
3.5 Mejora de procesos.....	98

CAPÍTULO 4

4 PLAN DE MANTENIMIENTO.....	105
4.1 Solución planteada para el plan de mantenimiento.....	105
4.2 Propuesta del plan de stock de repuesto.....	148

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	156
5.1 Conclusiones.....	156
5.2 Recomendaciones.....	159

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

TPM	Mantenimiento Productivo Total
TQC	Control total de la calidad
OEE	Eficiencia global del equipo
RCA	Análisis de causa raíz
CANT	Cantidad
CUANT	Cuantificación
Tf min	Tiempo total en minutos
TP	Tiempo perdido
T Opr. min	Tiempo de operación en minutos
TOpr. NETO	Tiempo de operación neto
PROD. TURNO	Unidades producidas por turno
MM	Mantenimiento mecánico
ME	Mantenimiento eléctrico
OP	Operador

SIMBOLOGÍA

PSI	Unidad de presión
V	Voltios
A	Amperios
l	Litros
°C	Grados centígrados
MR%	Ratio de avería
\$	Dólares

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
	.
Figura 1.1 Reporte mensual del proceso que realiza el equipo Winkler 26	7
Figura 1.2 Reporte mensual del proceso que realiza el equipo Winkler 135	8
Figura 1.3 Reporte mensual del proceso que realiza el equipo Zander.....	9
Figura 1.4 Reporte mensual del proceso que realiza el equipo Crathern.....	10
Figura 1.5 Reporte mensual del proceso que realiza el equipo Hoberma....	11
Figura 1.6 Reporte mensual del proceso que realiza el equipo Hang.....	12
Figura 1.7 Metodología del proyecto.....	20
Figura 3.1. Análisis de causa raíz de las falencias en el área de mantenimiento.....	52
Figura 3.2 Descripción del proceso productivo.....	54
Figura 3.3 Folder archivador.....	58
Figura 3.4. Actividades que se realizan en la máquina Crathern.....	59
Figura 3.5 Plano de máquina Crathern.....	64
Figura 3.6. Frecuencia de fallas en el equipo.....	69
Figura 3.7. Contaminación de goma.....	78
Figura 3.8 Diagrama de ishikawa para máquina Crathern.....	85
Figura 3.9. Pareto de baja productividad y paras no programadas de máquina Crathern.....	88

Figura 3.10. Botella neumática de la engomadora.....	92
Figura 3.11. Fuga de aceite en mangueras.....	94
Figura 3.12. Diafragma de bomba.....	95
Figura 3.13. Sistema de banda giratoria.....	96
Figura 3.14. Cambio de banda transportadora.....	100
Figura 3.15. Resistencia de caldera de vapor.....	101
Figura 3.16. Rodillo rectificado.....	102
Figura 3.17. Ventosas absorbentes.....	104
Figura 4.1. Diagrama de procesos para el diseño de un plan de mantenimiento preventivo.....	106
Figura 4.2. Datos técnicos de la máquina Crathern.....	108
Figura 4.3. Formato check list.....	130
Figura 4.4 Proceso de mantenimiento autónomo.....	138
Figura 4.5 Formato de reporte para mantenimiento preventivo.....	140
Figura 4.6. Ubicación de estanterías.....	151
Figura 4.7.Codificación de repuestos.....	152
Figura 4.8. Registro de información.....	152

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Equipos pertenecientes a la empresa.....	6
Tabla 2	Información de producción.....	13
Tabla 3	Clasificación de herramientas de mejora.....	15
Tabla 4	Criterios para determinar criticidad.....	35
Tabla 5	Clasificación de los equipos según el oee.....	38
Tabla 6	Clasificación de las seis grandes pérdidas.....	39
Tabla 7	Identificación de subprocesos.....	56
Tabla 8	Componentes de máquina Crathern.....	66
Tabla 9	Datos para cálculo de indicador oee.....	72
Tabla 10	Cálculo del oee.....	74
Tabla 11	Tabla de valores del oee.....	76
Tabla 12	Indicadores de mantenimiento.....	77
Tabla 13	Valor en dólares de repuestos almacenados.....	78
Tabla 14	Inventario de repuestos máquina Crathern.....	82
Tabla 15	Análisis de causas.....	86
Tabla 16	Criterios de criticidad.....	111
Tabla 17	Análisis de criticidad.....	113

Tabla 18	Estado de criticidad.....	114
Tabla 19	Matriz de criticidad.....	115
Tabla 20	Piezas críticas del equipo.....	117
Tabla 21	Confiabilidad de los elementos críticos del equipo.....	118
Tabla 22	Plan de mantenimiento preventivo.....	120
Tabla 23	Plan de acciones.....	123
Tabla 24	Cronograma de mantenimiento.....	125
Tabla 25	Plan de mantenimiento preventivo de equipos auxiliares.....	127
Tabla 26	Instructivo para limpieza general.....	133
Tabla 27	Instructivo para cambio de rodamiento de ejes.....	134
Tabla 28	Instructivo para revisión de motor eléctrico.....	135
Tabla 29	Instructivo para lubricación general.....	136
Tabla 30	Indicadores de control.....	142
Tabla 31	Semaforización de indicadores.....	143
Tabla 32	Acciones a tomar en cada estado del indicador.....	144
Tabla 33	Comparación de indicadores.....	145
Tabla 34	Plan de capacitación.....	147
Tabla 35	Propuesta de stock de repuestos.....	149
Tabla 36	Comparación de costos de repuestos.....	150
Tabla 37	Información de proveedor.....	153

Tabla 38	Proveedores locales.....	154
Tabla 39	Formato de historial de repuestos.....	155

INTRODUCCIÓN

Las corrientes modernas de producción presentan maquinarias, y métodos de producción mucho más modernos y de mayor grado de sofisticación de lo que escasos años anteriores la industria acostumbraba a utilizar.

Los recursos se convierten cada vez más automatizados y con mayor diversidad de agregados o componentes tecnológicos. Esta realidad en el ámbito mundial ha propiciado la tremenda importancia de las prácticas de mantenimiento en todas las fábricas que posean recursos especializados.

Para que las actividades de mantenimiento puedan realizarse en la vida práctica, es imprescindible contar con un sistema de gestión de mantenimiento que interrelacione los recursos, materiales, personal técnico, a su administración y a sus objetivos.

Lo que busca la gestión de mantenimiento en general es incrementar al máximo la disponibilidad de los recursos, entendiendo por disponibilidad que el equipo se encuentre en buen estado de funcionamiento la mayor parte del tiempo, cumpliendo así los propósitos para lo cual fue diseñado, además proporciona ventajas como: mayor disponibilidad, incrementar la vida útil de los recursos, reducir los costos de reparaciones, reducir los tiempos muertos,

aumentar la confiabilidad, mejorar las condiciones de operación y trabajo, propiciar un mejor ambiente laboral y producir con calidad.

Para alcanzar los beneficios que se menciona anteriormente, la industria local debe establecer sistemas de gestión en su organización, los que ayuden a mejorar su competitividad, las mismas que con la creatividad de su talento humano, utilice herramientas y estrategias para mejorar su competitividad y que solo debe buscar la manera precisa para poder introducirla dentro de la filosofía operativa de la empresa. Las herramientas a utilizarse puede ser TPM, análisis de fallas, análisis de confiabilidad, plan de Stock de repuestos y herramientas estadísticas como Weibull; destacando que no son las únicas, ya que se pueden utilizar todas las filosofías de calidad existentes, siempre y cuando causen un impacto significativo y beneficioso para la organización.

Como un factor fundamental, se debe tener en consideración al recurso humano con el que cuenta la empresa, en vista que son las personas que con su trabajo diario y con identificación directa de los problemas existentes en las máquinas se pueden tomar decisiones, las mismas que van a hacer artífices decisivos en la consecución de los resultados y beneficios esperados por la organización.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema – Justificación

Es evidente notar que para mantener el eficaz funcionamiento de los equipos en las industrias, es indispensable contar con un adecuado plan de mantenimiento a sus máquinas.

El presente proyecto se basa en el caso de una empresa que se dedica a la elaboración de suministros de oficina y papelería en

general; además de ofrecer servicios de corte de bobinas de papel, guillotinado de resmas y bodegaje de productos, tanto para el mercado nacional e internacional. En la cual se analiza su área de producción para determinar problemas, priorizar los mismos, analizarlos y presentar alternativas de solución.

El área de producción de la empresa cuenta con maquinarias nuevas y equipos que rodean los 15 años de funcionamiento. Las condiciones de trabajo a las que estas máquinas están expuestas en sus procesos productivos diarios, provocan que estas sean menos eficientes y minimicen su capacidad de funcionar a un nivel óptimo en su producción, debido a la falta de gestión de mantenimiento preventivo existente en la empresa.

La organización mantiene sus operaciones distribuidas en los siguientes departamentos:

- Gerencia General

Departamentos:

- Compras
- Ventas
- Producción
- Distribución
- Mantenimiento
- Financiero

El departamento de mantenimiento tiene la responsabilidad de cuidar y mantener las máquinas existentes en la fábrica las mismas que se observan en la Tabla 1, además se ubica el nombre del equipo y el producto que se obtiene en su respectivo proceso productivo.

TABLA 1
EQUIPOS PERTENECIENTES A LA EMPRESA

Equipo	Producto que realiza	
WINKLER 26G	Sobre para cartas	
WINKLER 135G	Sobre manila A4 / A3	
ZANDER	Hojas A0	
CRATHERN	Folder Archivador	
HOBERMA	Carpeta de cartón	
HANG	Hojas A4	

Para tener una idea clara de la eficiencia de cada proceso productivo se levanta la información preliminar necesaria; información que se evalúa y sus resultados se los expone a continuación:

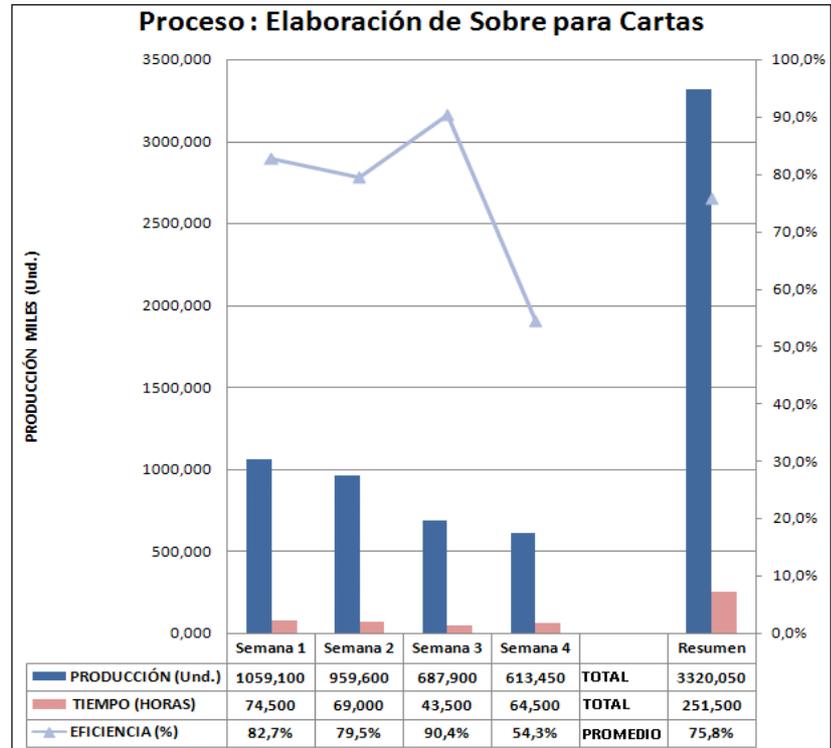


FIGURA 1.1 REPORTE MES DE FEBRERO 2010 DEL PROCESO QUE REALIZA EL EQUIPO WINKLER 26G

(Fuente: Departamento de producción)

En la figura 1.1 se observa que la producción mensual es de 3320050 unidades en un tiempo de 251.5 horas trabajadas obteniendo una eficiencia promedio mensual del 75.8%. La forma de calcular la eficiencia para cada proceso en cada periodo de producción por parte de la empresa es dividiendo la producción real para la producción estándar del proceso, de tal manera que en la semana 3 se obtiene 90.4% debido a que en ese periodo se obtuvo una mayor producción real.

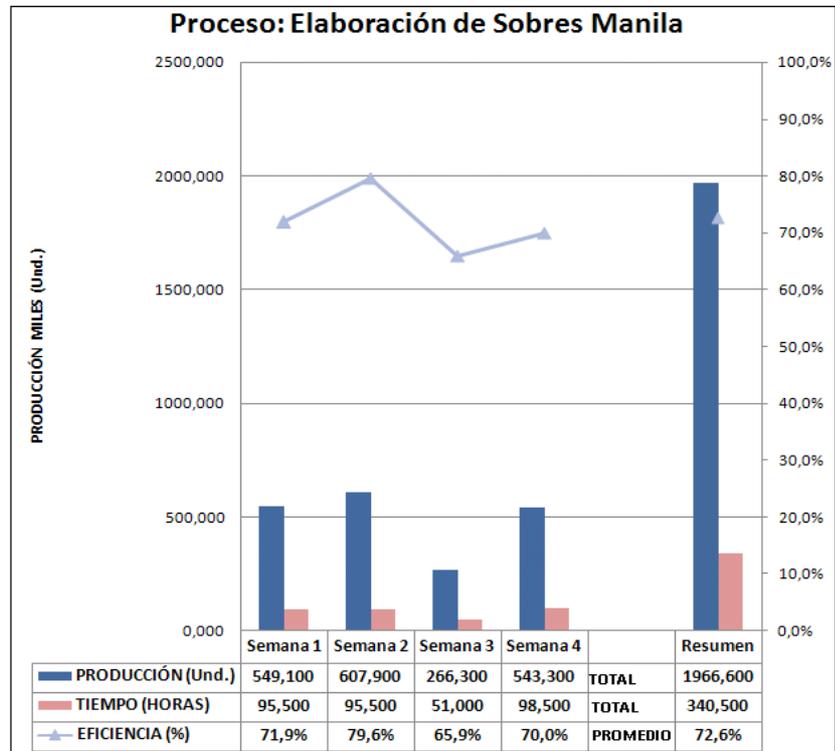


FIGURA 1.2 REPORTE MES DE FEBRERO 2010 DEL PROCESO QUE REALIZA EL EQUIPO WINKLER 135 G

(Fuente: Departamento de producción)

En la figura 1.2 se observa que la producción mensual es de 1966600 unidades en un tiempo de 340.5 horas trabajadas obteniendo una eficiencia promedio mensual del 72.6%. El valor de las horas trabajadas es mayor en relación a otros equipos debido a que el equipo Winkler 135 G trabaja en 2 turnos de producción.

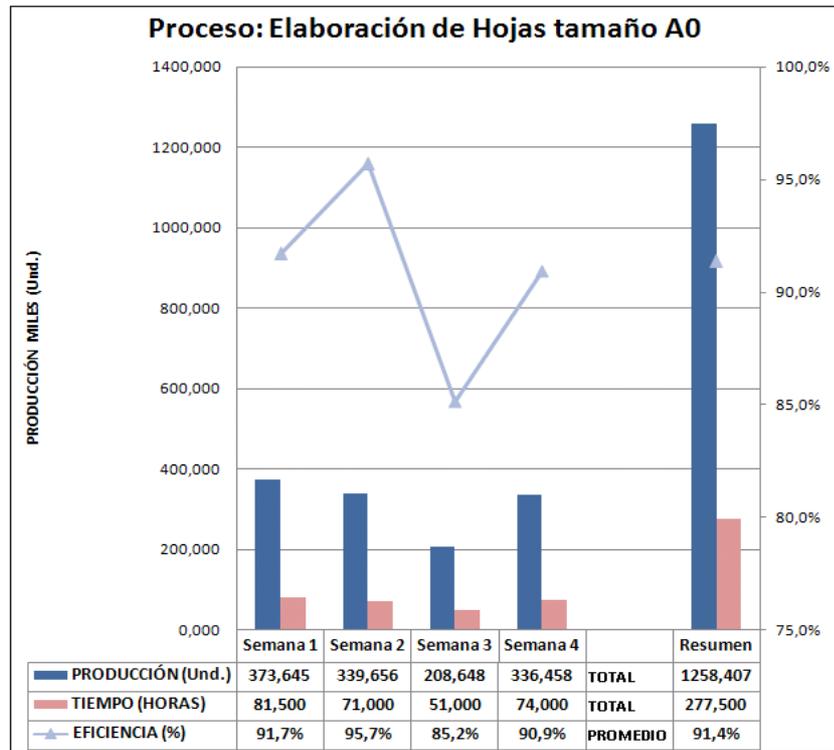


FIGURA 1.3 REPORTE MES DE FEBRERO 2010 DEL PROCESO QUE REALIZA EL EQUIPO ZANDER

(Fuente: Departamento de producción)

En la figura 1.3 se observa que la producción mensual es de 1258407 unidades en un tiempo de 277.5 horas trabajadas obteniendo una eficiencia promedio mensual del 91.4%.

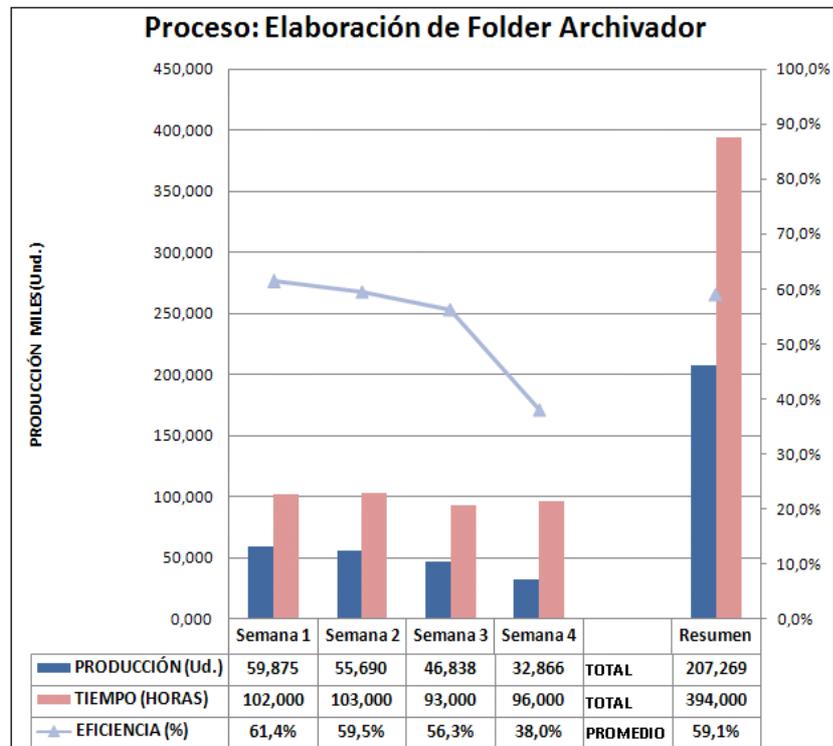


FIGURA 1.4 REPORTE MES DE FEBRERO 2010 DEL PROCESO QUE REALIZA EL EQUIPO CRATHERN

(Fuente: Departamento de producción)

En la figura 1.4 se observa que la producción mensual es de 207269 unidades en un tiempo de 394 horas trabajadas obteniendo una eficiencia promedio mensual del 59.1% El valor de las horas trabajadas es mayor en relación a otros equipos debido a que el equipo Crathern trabaja en 2 turnos de producción.

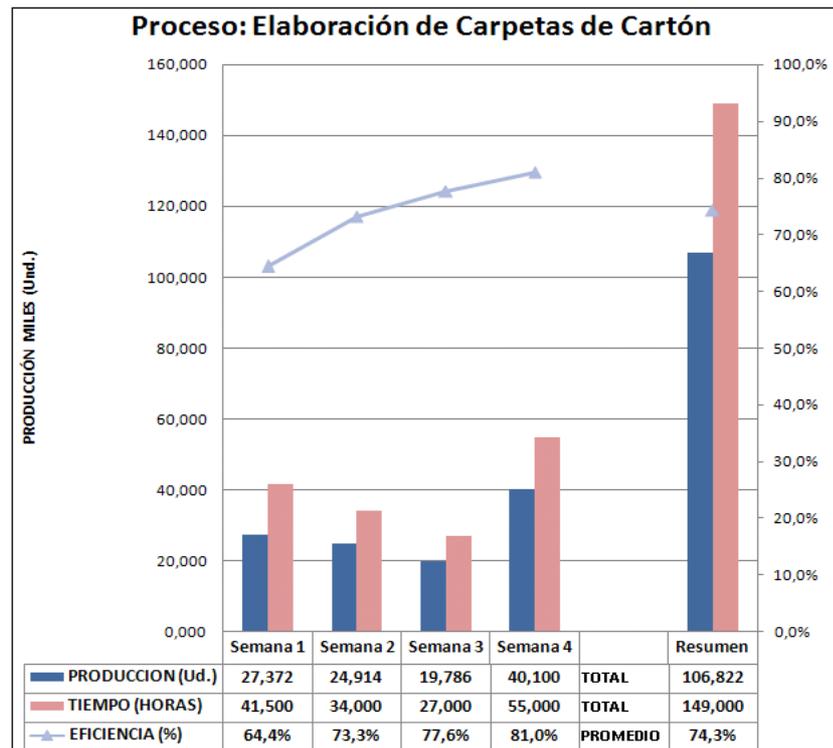


FIGURA 1.5 REPORTE MES DE FEBRERO 2010 DEL PROCESO QUE REALIZA EL EQUIPO HOBERMA

(Fuente: Departamento de producción)

En la figura 1.5 se observa que la producción mensual es de 106822 unidades en un tiempo de 149 horas trabajadas obteniendo una eficiencia promedio mensual del 74.3 %

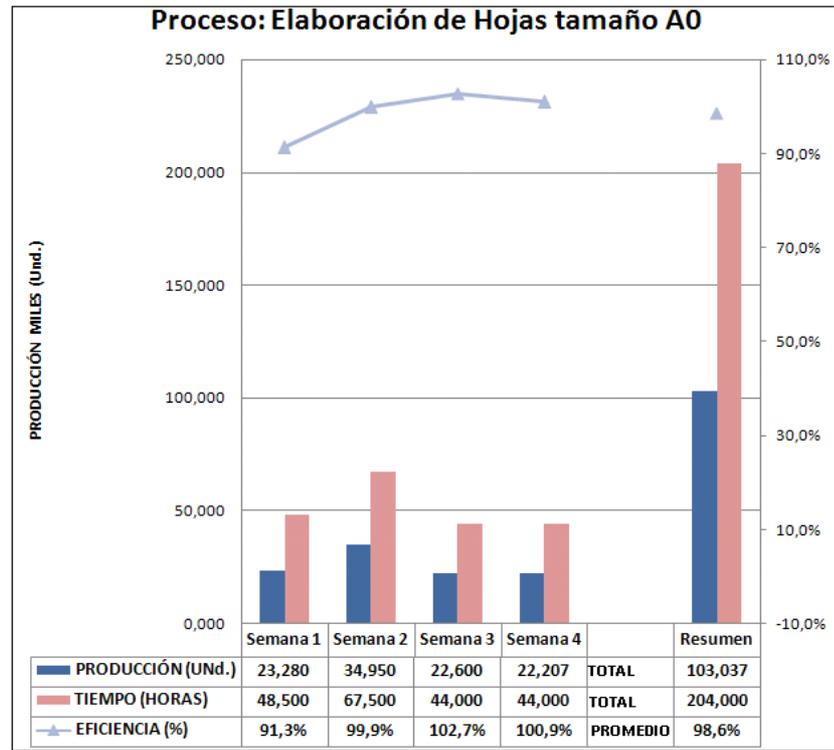


FIGURA 1.6 REPORTE MES DE FEBRERO 2010 DEL PROCESO QUE REALIZA EL EQUIPO HANG

(Fuente: Departamento de producción)

En la figura 1.6 se observa que la producción mensual es de 106822 unidades en un tiempo de 149 horas trabajadas obteniendo una eficiencia promedio mensual del 74.3 %

En la Tabla 2 se expone el resumen de resultados de eficiencia por cada máquina.

TABLA 2
INFORMACIÓN DE PRODUCCIÓN

Producto	Máquina	% Eficiencia	Horas	Producción (unid)	Rotación de productos
Sobre para carta	Winkler 26g	75.8	251.5	3320050	14 días
Sobre Manila A4, A3	Winkler 135g	72.6	340.5	1966600	12 días
Hojas tamaño A0	Zander	91.4	277.5	1258407	12 días
Folder Archivador	Crathern	59.1	394	207269	08 días
Carpeta de cartón	Hoberma	74.4	149	106822	11 días
Hojas A4	Hang	98.6	204	103037	13 días

(Fuente: Departamento de producción)

Como se observa en la Tabla 2, la máquina que presenta menor porcentaje es la CRATHERN perteneciente a la línea procesadora de folders archivadores, siendo este el producto de mayor rotación para la empresa.

Los problemas existentes en la máquina CRATHERN viene dado por una serie de factores que influyen en su proceso productivo, que generalmente son:

- Limpieza de banda transportadora.
- Falla de bomba de goma.
- Daño de ventosas absorbentes.
- Problemas con los rodillos plegadores.
- Fallas eléctricas.

Todos estos problemas ocasionan que la máquina pare su producción constantemente, además de generar problemas en la calidad del producto y un alto desperdicio por scrap debido a la calibración de la misma.

Conociendo los problemas que se presentan en el proceso, se realiza la clasificación de herramientas de mejora a utilizar. El análisis se observa en la Tabla 3.

TABLA3
CLASIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MEJORA

Herramienta	Actividades	Ponderación	Observaciones
5 S	Clasificar Ordenar Limpiar Estandarizar Mantener	1	Las actividades de las 5 S están implícitas dentro de las siguientes herramientas
TPM	Mejora focalizadas Mant. Autónomo Mant. Planificado Mant. Calidad Prevención Áreas Administrativas Educación y entrenamiento Seguridad y medio ambiente	4	Las actividades del TPM ayuda a solucionar los problemas encontrados en el proceso y a mantener una cultura de cambio
Mantenimiento correctivo	Corregir	0	Las actividades de corregir anomalías durante el proceso son las que se deben evitar
Mantenimiento centrado en confiabilidad	Determina frecuencia de mantenimiento	3	Esta herramienta es muy útil debido a que se realizan análisis estadísticos para determinar periodos de mantenimiento

De las herramientas que se consideran en la Tabla 3, la que mayor peso posee es la herramienta TPM, en vista de que sus actividades son las que se encaminan a dar solución a problemas

existentes dentro del proceso de elaboración de folders archivadores.

Con estos antecedentes el objetivo principal del proyecto es el de mejorar la eficiencia de la línea de producción del Folder Archivador, proceso que se realiza en la máquina CRATHERN, para ello se utilizan herramientas de gestión de mantenimiento, la misma que puede ser mediante la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM), como una herramienta de gestión para lo cual se seguirá una metodología que cumpla ciertas etapas como la identificación de actividades del proceso productivo y de sus condiciones iniciales, la implementación de un plan de mantenimiento, y un plan de stock de repuestos que ayude al área de mantenimiento de la empresa a mantener en óptimas condiciones la máquina.

De esta manera se eliminan pérdidas de tiempo de producción, se reduce paradas no programadas, se garantiza la calidad del producto y se disminuye los costos por no conformidades en la empresa, disminuyendo así los defectos y averías que toda industria desea lograr para mejorar su productividad y ser competitiva.

La aplicación del TPM genera un cambio positivo no solo en la máquina CRATHERN y en su proceso, sino también en la mentalidad y en la cultura organizacional de todos los trabajadores, donde habrá que socializar los cambios a realizar dentro del área de tal manera que los trabajadores consideren estas mejoras como beneficios de ellos y para el bien de la empresa.

Justificación del proyecto

La empresa en estudio presenta por lo general bajos niveles de productividad y calidad por el descuido de sus equipos, esto se debe en parte a la falta de conocimiento y aplicación de técnicas de mejora, por lo tanto, bajo el diseño de un procedimiento estructurado se busca brindar a la organización herramientas que le permita mejorar en los aspectos antes mencionados, teniendo en cuenta que los beneficios económicos que se obtienen son mayores que los costos incurridos, siendo así una opción rentable.

La implementación de este plan de mejora hace que los trabajadores aprendan nuevas técnicas, monitoreen constantemente el proceso, y realicen un control de sus productos a través de nuevos indicadores convirtiéndose así en una empresa cada vez más eficiente.

1.2 Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión para el área de mantenimiento con el fin de mejorar la productividad de los equipos de menor eficiencia.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el equipo aplicando el TPM como una herramienta de gestión.
- Proponer un plan de stock de repuestos.
- Realizar seguimiento a través de indicadores de mantenimiento.

1.3 Metodología

La metodología que se lleva a cabo en el proyecto se la describe en la Figura 1.7, y a continuación de la misma se explica de forma breve su alcance.

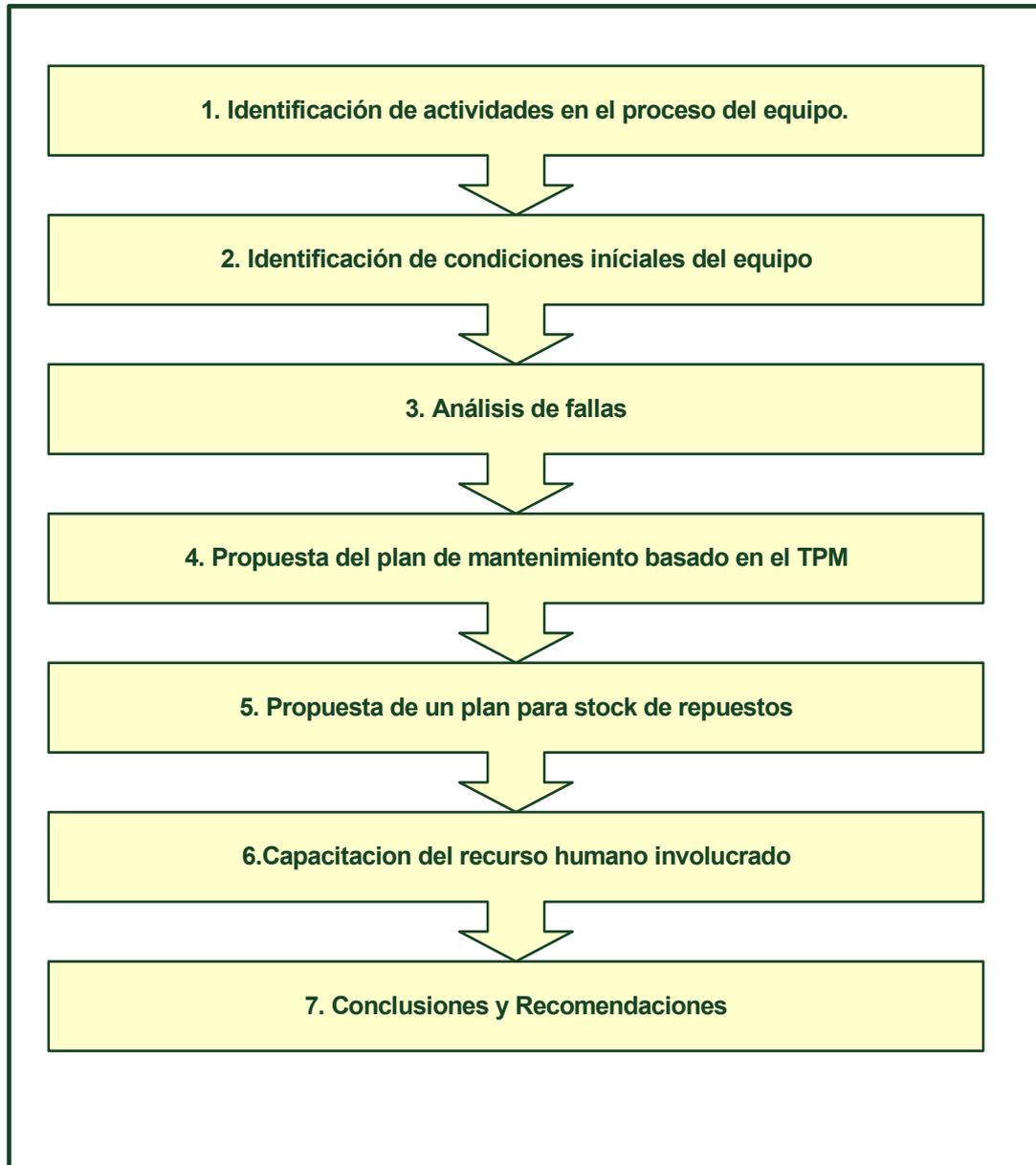


FIGURA 1.7 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

1. Identificación de actividades en el proceso del equipo

Para iniciar un mantenimiento planificado orientado a un sistema de gestión, es necesario primeramente identificar y analizar qué actividades sigue el proceso de elaboración de folders archivadores, para de esta manera identificar los subprocesos que intervienen. Además de la máquina, el talento humano juega un papel importante en el desempeño del equipo, pues es el encargado de controlar y ejecutar de manera correcta el proceso de producción.

2. Identificación de condiciones iniciales del equipo

Una vez que se identifica el proceso de producción, es necesario verse inmerso en el equipo que genera problemas, de esta manera se puede identificar cuáles son las condiciones iniciales o actuales de la máquina CRATHERN que permite determinar parámetros de medición y control.

3. Análisis de fallas

En esta sección se encuentra los posibles factores tanto humanos como mecánicos que dan lugar a las paradas no programadas debido a fallas en el equipo.

4. Propuesta del plan de mantenimiento basado en TPM

Con la propuesta del plan de mantenimiento se va a planificar y mantener en óptimas condiciones el equipo, haciendo uso de herramientas como análisis de criticidad y confiabilidad de los equipos. Se procura hacer énfasis en un mantenimiento autónomo.

5. Propuesta de un plan de stock de repuestos

De acuerdo al análisis de criticidad, se determina los repuestos críticos del equipo cuyo objetivo es diseñar; un plan del stock de repuestos y el tiempo de reabastecimiento para los cuales está planificado el cambio y reemplazo de las piezas.

6. Capacitación al personal involucrado

Una vez establecido el plan de mantenimiento es necesario dotar al personal de los conocimientos y habilidades necesarias para desarrollar con éxito el sistema, por lo que se elabora un plan de capacitación acorde con los requerimientos de la organización.

7. Conclusiones y recomendaciones

Se presenta las conclusiones generadas a lo largo de la realización del proyecto, para luego dar recomendaciones oportunas que aporten al éxito del sistema de gestión implementado.

1.4 Estructura del proyecto

Capítulo 1

Este capítulo, está conformado por las generalidades del proyecto, corresponde al planteamiento y justificación del problema, los objetivos trazados, metodología y estructura del mismo que permite plantear la respectiva solución al problema.

Capítulo 2

Este capítulo comprende la base teórica al proyecto, la cual guiará con conceptos necesarios para la interpretación y comprensión del proyecto.

Capítulo 3

Se realiza el respectivo diagnóstico del área de mantenimiento, se identifica el proceso productivo que más problema genera a la

empresa, además se analiza las condiciones iniciales del mismo haciendo uso de un diagrama de causa y efecto.

Capitulo 4

En el capítulo 4, se plantea la solución para los problemas encontrados en el capítulo anterior. Basándose en la teoría del TPM se diseña un sistema de gestión de mantenimiento, además se hace uso de herramientas como; análisis de criticidad y confiabilidad del equipo para determinar la vida útil del equipo.

Capitulo 5

En este capítulo se dan las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Diagramas de flujo

Para realizar una investigación y su respectivo análisis es necesario el uso de diagramas que permita alcanzar un objetivo, a continuación se menciona diagramas de gran importancia [1]:

- **Hoja de recolección de datos:** Herramienta que se utiliza para la recopilación ordenada y estructurada de datos relevantes que se generan en los procesos. Los datos recogidos con este instrumento suelen ser empleados posteriormente para el desarrollo de otras herramientas.

- **Diagrama de flujo (Flow Chart):** Es una representación gráfica de los pasos en un proceso además es un instrumento muy útil para representar secuencias de pasos complejos. Su objetivo es determinar el funcionamiento real de un proceso, este puede ser un producto, servicio, información o una combinación de los tres.
- **Histograma:** Es un diagrama de barras que muestra de forma visual la distribución de frecuencias de datos cuantitativos de una misma variable. En el eje de abscisas se representan las clases o características y en el de ordenadas la frecuencia. Los histogramas suelen elaborarse mediante hojas de recogida de datos.
- **Diagrama de correlación o de dispersión:** Gráfico que muestra la existencia o no de una relación entre dos variables.
- **Diagrama de Pareto:** Es una forma particular de un histograma. A diferencia del histograma ordena los fallos no sólo respecto a su número, sino también respecto a su importancia relativa, es decir, puede separar los problemas importantes de los triviales de modo que un equipo sepa a dónde dirigir sus esfuerzos.

La regla de Pareto menciona que el 80% de los resultados/fallos totales se originan en el 20% de los elementos.

- **Diagrama de Ishikawa:** También conocido como el diagrama causa-efecto o espina de pez, es una representación gráfica de las relaciones lógicas que existen entre las causas y sub causas que producen un efecto determinado. Es una herramienta muy útil para desarrollar un análisis estructurado o discusión sobre un problema o tema concreto.

2.2 Tipos de mantenimientos

Mantenimiento productivo total (TPM)

El mantenimiento productivo total (TPM) es el mantenimiento productivo realizado por todos los empleados a través de actividades de pequeños grupos. Como el TQC, que es un control de calidad total de toda la compañía, el TPM es mantenimiento del equipo realizado sobre una base de toda la compañía [2].

El TPM es una nueva dirección para la producción, en esta época, cuando los robots producen robots y es una realidad la producción automatizada de 24 horas, la fábrica sin manipulaciones manuales es una posibilidad realista. Al describir el control de calidad, a

menudo se dice que la calidad depende del proceso. Ahora, con la creciente robotización y automatización, puede ser más apropiado decir que la calidad depende del equipo, productividad, coste, stock, seguridad, bienestar y output de producción así como la calidad, todo depende del equipo.

El TPM, que organiza a todos los empleados desde la alta dirección a los trabajadores de la línea de producción, es un sistema de mantenimiento del equipo a nivel de compañía que puede apoyar las instalaciones de producción sofisticadas.

La meta dual del TPM es el cero averías y el cero defectos. Cuando se eliminan las averías y defectos, las tasas de operación del equipo mejoran, los costes se reducen, el stock puede minimizarse y, como consecuencia, la productividad del personal aumenta.

Pilares del TPM

El TPM se sustenta en el personal y sus pilares básicos son los siguientes:

- **Mejoras Focalizadas**

Las mejoras focalizadas son aquellas dirigidas a intervenir en el proceso productivo, con el objeto de mejorar la efectividad de la instalación; se trata de incorporar y desarrollar un proceso de mejora continua; se pretenden eliminar las grandes pérdidas ocasionadas en el proceso productivo.

- **Mantenimiento Autónomo**

Son las actividades que los operarios de una fábrica realizan para cuidar correctamente su área de trabajo, maquinaria, calidad de lo fabricado, seguridad y comparten el conocimiento que obtienen del trabajo cotidiano.

Es un pilar o proceso fundamental del TPM o Mantenimiento Productivo Total. Este pilar es asignado al equipo de jefes de los departamentos de producción y está coordinado con otros pilares TPM, como el mantenimiento planificado, mejoras enfocadas, mantenimiento de calidad, etc.

Es por eso necesario que adquieran una cultura de orden y aseo (Metodología 5S), lo cual es parte primordial para el cumplimiento de los objetivos esperados.

- **Mantenimiento Planificado**

Consiste en lograr mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas a través de la eliminación de problemas del equipamiento basándose en acciones de mejora, prevención y predicción.

El propósito del mantenimiento planeado es que el operario diagnostique la falla y la identifique con etiquetas, con formas, números y colores específicos dentro de la máquina de forma que cuando el mecánico repare la máquina vaya directo a la falla y la elimine.

- **Mantenimiento de la calidad**

Tiene como objetivo realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad. Se deberán observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y

tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.

- **Prevención del mantenimiento**

Busca mejorar la tecnología de los equipos de producción actuando durante la planificación y construcción de estos equipos con el objeto de reducir los costes de mantenimiento durante su explotación.

Participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales.

- **Áreas administrativas**

El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Permite eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia, con acciones individuales o en equipo.

- **Educación y entrenamiento**

Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos

niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares de TPM; emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

- **Seguridad y medio ambiente**

Tiene como objetivo crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes, además de emplear producción limpia, que contribuya significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y al mismo tiempo disminuir impactos al medio ambiente.

Mantenimiento Correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

Mantenimiento Preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las

intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Mantenimiento Predictivo

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

Mantenimiento Cero Horas (Overhaul)

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a

cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste.

Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual [3].

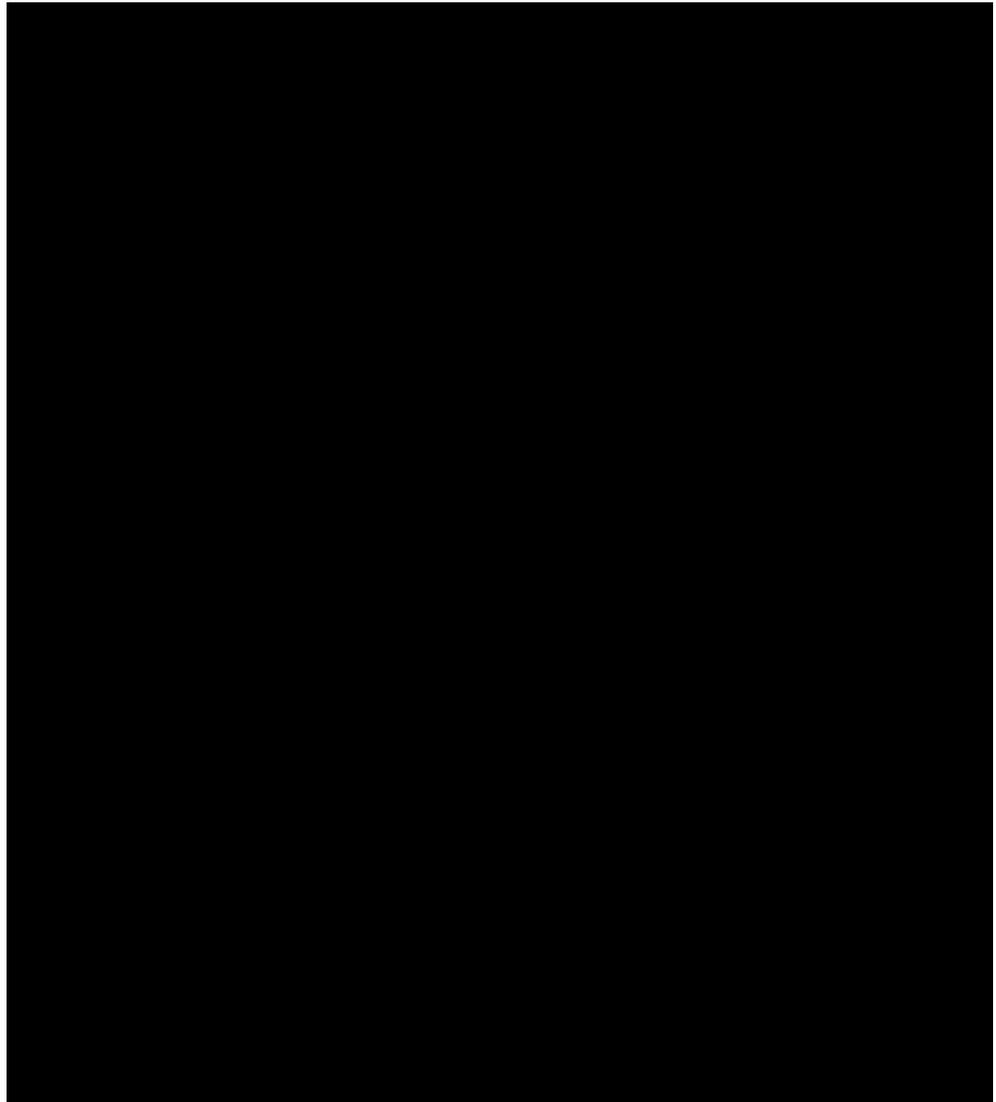
Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\mathbf{Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

En función de lo antes expuesto en la Tabla 4 se observa los criterios y ponderación para realizar un análisis de criticidad.

TABLA 4
CRITERIOS PARA DETERMINAR CRITICIDAD



El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal

2.3 Análisis de eficiencia total

OEE es el acrónimo para Efectividad Global del Equipo (Overall Equipment Effectiveness) y muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente. La diferencia la constituyen las pérdidas de: tiempo, velocidad y calidad [4].

La mayoría de los sectores industriales utilizan métodos de medición para su maquinaria destinada a la producción. Variables

como el tiempo disponible, unidades producidas, y algunas veces, la velocidad de producción suelen ser el objeto de estas mediciones. Estas técnicas son herramientas útiles para aquellos que desean llevar un control de la máquina.

El TPM trabaja de modo diferente, ya que no sólo persigue conocer qué ha producido la máquina, sino también que podría haber producido. Este es el motivo por el cual se buscan las pérdidas ocultas.

Medir el OEE (la Eficiencia Global de Equipo) es una herramienta simple pero poderosa con la que obtener información sobre lo que está ocurriendo en la actualidad. El OEE ayuda a los operarios ya que al reflejar en un documento la evolución de las pérdidas de la máquina, promueve las acciones hacia su eliminación.

El valor de OEE permite clasificar el equipo en 5 grupos, de acuerdo a su valor porcentual. Esta clasificación se observa en la Tabla 5.

TABLA 5
CLASIFICACIÓN DE LOS EUIPOS SEGÚN EL OEE

OEE	Calificativo	Consecuencias
<65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad
≥65% <75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora
≥75% <85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja
≥85% <95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados 'World Class'
≥95%	Excelente	Competitividad excelente

Fórmula del OEE

En la Tabla 6 se observan las Seis Grandes Pérdidas que se dividen en tres tipos: la **disponibilidad**, el **rendimiento** y la **calidad**, son los elementos principales que componen el OEE.

TABLA 6
CLASIFICACIÓN DE LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS

Tipos de Pérdidas	Causas de Pérdidas
Disponibilidad	1. Averías 2. Esperas
Rendimiento	3. Microparadas 4. Velocidad reducida
Calidad	5. Scrap 6. Re trabajo

OEE = ratio de disponibilidad x ratio de rendimiento x ratio de calidad

$$\text{Ratio de disponibilidad (\%)} = \frac{\text{tiempo de funcionamiento}}{\text{tiempo programado de producción}}$$

Ratio de disponibilidad (%)

$$\frac{\text{tiempo programado de producción} - (\text{averías} + \text{esperas} + \text{restricción línea})}{\text{tiempo programado de producción}}$$

$$\text{Ratio de rendimiento (\%)} = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades que teóricamente deberían producirse}}$$

$$\text{Ratio de calidad (\%)} = \frac{\text{unidades producidas} - (\text{scrap} + \text{retrabajos})}{\text{unidades producidas}}$$

Ventajas que aporta el cálculo del OEE

El OEE nos proporciona información sobre el nivel de efectividad de una máquina específica o una línea de producción. Además, al referenciar la efectividad de la máquina con el máximo absoluto de disponibilidad, velocidad y calidad, nos podemos focalizar íntegramente en las pérdidas y con ello en el potencial de mejora existente.

2.4 Herramientas de gestión

Se entiende que las herramientas de gestión son todos los sistemas, aplicaciones, controles, soluciones de cálculo, metodología, etc., que ayudan a la gestión de una empresa en los siguientes aspectos generales [5]:

- Herramientas para el registro de datos en cualquier departamento empresarial
- Herramientas para el control y mejora de los procesos empresariales
- Herramientas para la consolidación de datos y toma de decisiones

Así, que si se segmenta la empresa en sus diferentes departamentos genéricos, se tendrá herramientas que ayudarán a gestionar, organizar, dirigir, planificar, controlar, conocer, etc., cada uno de los departamentos y las relaciones entre ellos y el mundo exterior.

Cuando se habla de mantenimiento, el objetivo es conseguir extender la vida útil de los equipos, instalaciones y edificios, al menor costo posible, que éstos estén disponibles al momento de ser requeridos y bajar al mínimo las reinversiones.

El medio para conseguir el objetivo del mantenimiento no está en las máquinas, sino en la gente, y no sólo el área de mantenimiento, el mantenimiento se lo realiza entre todos los que están involucrados en los distintos niveles de una organización, desde la gerencia hasta el operario.

Se considerar a las herramientas de gestión de mantenimiento como parte fundamental de toda empresa.

La gestión empresarial es el medio más importante por el cual la empresa emprenderá su camino para lograr los objetivos

deseados, por ello, establecer las herramientas de gestión que serán utilizadas para poder lograr este desarrollo, representan un factor prioritario en todo sistema empresarial. Son muchas las empresas en la actualidad que disponen de diferentes departamentos de gestión y administración basados en una visión muy tradicional que se apoya fundamentalmente en el **control del cumplimiento de las reglas internas** predispuestas por las herramientas de gestión correspondientes a cada área empresarial.

2.5 Cinco 'S

El método de las **5 « S »**, denominado así por la letra inicial de cada una de sus cinco etapas en japonés, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples [6]:

- *Seiri*: Organización. Separar innecesarios
- *Seiton*: Orden. Situar necesarios
- *Seisō*: Limpieza. Suprimir suciedad
- *Seiketsu*: Estandarizar. Señalizar anomalías
- *Shitsuke*: Disciplina. Seguir mejorando

La integración de las **5'S** satisface múltiples objetivos. Cada "S" tiene un objetivo particular:

- Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil

- Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
- Mejorar el nivel de limpieza de los lugares
- Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden
- Fomentar los esfuerzos en este sentido

Por otra parte, el sistema en general permite:

- Mejorar las condiciones de trabajo y la moral del personal
(es más agradable trabajar en un sitio limpio y ordenado)
- Reducir los gastos de tiempo y energía
- Reducir los riesgos de accidentes o sanitarios
- Mejorar la calidad de la producción.
- Seguridad en el Trabajo

Seiri: Organización. Separar innecesarios

Es la primera de las 5 fases. Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y finalmente desprenderse de éstos últimos.

Seiton: Orden. Situar necesarios

Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y

rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos. Se pueden usar métodos de gestión visual para facilitar el orden, pero a menudo, el más simple es "*Leitmotiv de Seiton*" el cual quiere decir "*Un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar*". En esta etapa se pretende organizar el espacio de trabajo con objeto de evitar tanto las pérdidas de tiempo como de energía.

Seisō: Limpieza. Suprimir suciedad

Una vez que el espacio de trabajo está despejado (*seiri*) y ordenado (*seiton*), es mucho más fácil limpiarlo (*seisō*). Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado operativo.

El incumplimiento de la limpieza puede tener muchas consecuencias, provocando incluso anomalías o el mal funcionamiento de la maquinaria.

Seiketsu: Mantener la limpieza, estandarización o señalar anomalías

Consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.

A menudo el sistema de las **5'S** se aplica de manera puntual. *Seiketsu* recuerda que el orden y la limpieza deben mantenerse cada día. Para lograrlo es importante crear estándares.

Shitsuke: Disciplina o seguir mejorando

Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas. Esta etapa contiene la calidad en la aplicación del sistema **5'S**. Si se aplica sin el rigor necesario, éste pierde toda su eficacia. Es también una etapa de control riguroso de la aplicación del sistema: los motores de esta etapa son una comprobación continua y fiable de la aplicación del sistema **5'S** (las 4 primeras "S" en este caso) y el apoyo del personal implicado.

2.6 Lista de Chequeo

Una lista de chequeo no es más que una lista de comprobación que se utiliza para compensar las debilidades de la memoria humana y de esta manera ayudar a asegurar consistencia de una labor y así mismo certificar que se realice de manera completa una tarea [7].

La lista de chequeo también conocido como check list, posee una lista grande o pequeña de ciertos pasos, procedimientos, o

simplemente datos e información que se necesita verificar, comprobar o seguirlos al pie de la letra.

Por ejemplo; Para verificar el correcto funcionamiento de ciertas partes importantes de una máquina.

2.7 Análisis Históricos de Fallas

El análisis histórico de fallas es una actividad enfocada a descubrir y eliminar la causa raíz de los problemas a presentarse, esta es una tarea que requiere revisar todas las fallas que ha tenido el equipo en su historial de trabajo [8].

Después de conocer los mecanismos de daño y cómo actúan, sería sencillo eliminar estas fallas, descartando posibles fallas futuras además de conocer su velocidad de deterioro, de manera que se programe un mantenimiento preventivo apropiado.

Las fallas en un equipo pueden ser provocadas por desvíos de fabricación, operación y/o mantenimiento.

El análisis histórico de fallas determina la frecuencia de mal funcionamiento de la máquina, que muchas veces se conocen pero no se realiza nada al respecto.

El comportamiento histórico de las fallas de los equipos se puede hallar estadísticamente por medio del análisis de confiabilidad basado en la distribución de Weibull.

Con el historial de fallas se proyecta la influencia del mantenimiento preventivo sobre algunos índices de gestión de los equipos, tales como confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y efectividad global (OEE).

El análisis histórico de fallas es la etapa más importante en la determinación de un programa de mantenimiento óptimo, de este depende el historial de falla de los equipos durante su vida útil.

2.8 Indicadores de gestión de mantenimiento

Al inicio de todo proceso de mejoramiento, ya sea a nivel de individuos o de las organizaciones, exige como primera etapa, que se adquiera conciencia de la realidad y posteriormente, que se definan los objetivos a alcanzar y los medios para conseguirlos.

Entre tanto, una vez iniciado el proceso de mejora, es necesario monitorear el progreso alcanzado, a través de observaciones y comparaciones a lo largo del tiempo, de parámetros que definan claramente el nivel de calidad del desempeño organizacional, constatando sin subjetivismo, si se ha mejorado o no respecto a la situación inicial [9].

En lo que se refiere a la actividad de mantenimiento en una empresa industrial, la necesidad de un procedimiento de este tipo es mucho más reconocida. Una variedad relativamente grande de indicadores ha sido sugerida para monitorear su desempeño, con resultados no siempre consistentes.

Resultaría difícil entender el estudio que se realiza en este epígrafe sin antes detenerse en el análisis de la siguiente definición:

- **Indicador o Índice.** Es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo, calidad y plazos.

Las características fundamentales que deben cumplir los indicadores de mantenimiento, cuyo objetivo principal es alcanzar lo que se desea con el mantenimiento industrial, son las siguientes:

- Pocos, pero suficientes para analizar la gestión.
- Claros de entender y calcular.
- Útiles para conocer rápidamente como van las cosas y por qué

Es por ello que los índices deben:

- Identificar los factores claves del mantenimiento y su afectación a la producción.
- Dar los elementos necesarios que permiten realizar una evaluación profunda de la actividad en cuestión.
- Establecer un registro de datos que permita su cálculo periódico.
- Establecer unos valores plan o consigna que determinen los objetivos a lograr.
- Controlar los objetivos propuestos comparando los valores reales con los valores planificados o consigna.
- Facilitar la toma de decisiones y acciones oportunas ante las desviaciones que se presentan.

CAPÍTULO 3

3 DIAGNÓSTICO DEL ÁREA

3.1 Descripción del proceso mantenimiento

La empresa en estudio tiene más de 30 años aprovisionando al mercado local e internacional, de suministros de oficina y papelería en general.

En toda esta etapa de permanencia en el mercado, la empresa ha dejado de lado la implementación de nuevas tecnologías que son importantes para ser competitivos y aminorar los costos de operación, como resultado la organización no cuenta con una etapa de planificación, siendo esta etapa, el pilar fundamental para la mejora de procesos y el eficaz manejo de recursos.

El departamento de mantenimiento de la empresa no se excluye de la falta de planificación, en vista de que el área no cuenta con sistemas para controlar el correcto funcionamiento de los equipos de la fábrica, porque no se realiza un seguimiento de los procesos a través de indicadores de desempeño y carecen de un plan de mantenimiento, lo que provoca que la empresa tenga como prioridad la realización de mantenimiento correctivo, generando así una baja productividad debido a las paradas no programadas, además de la disminución del tiempo de producción por la reparación de los equipos, lo que hace de la organización menos competitiva.

Debido a los problemas ya mencionados se realiza un análisis de causa raíz (RCA) para determinar el origen de las falencias del

departamento de mantenimiento, el cual se observa en la Figura 3.1

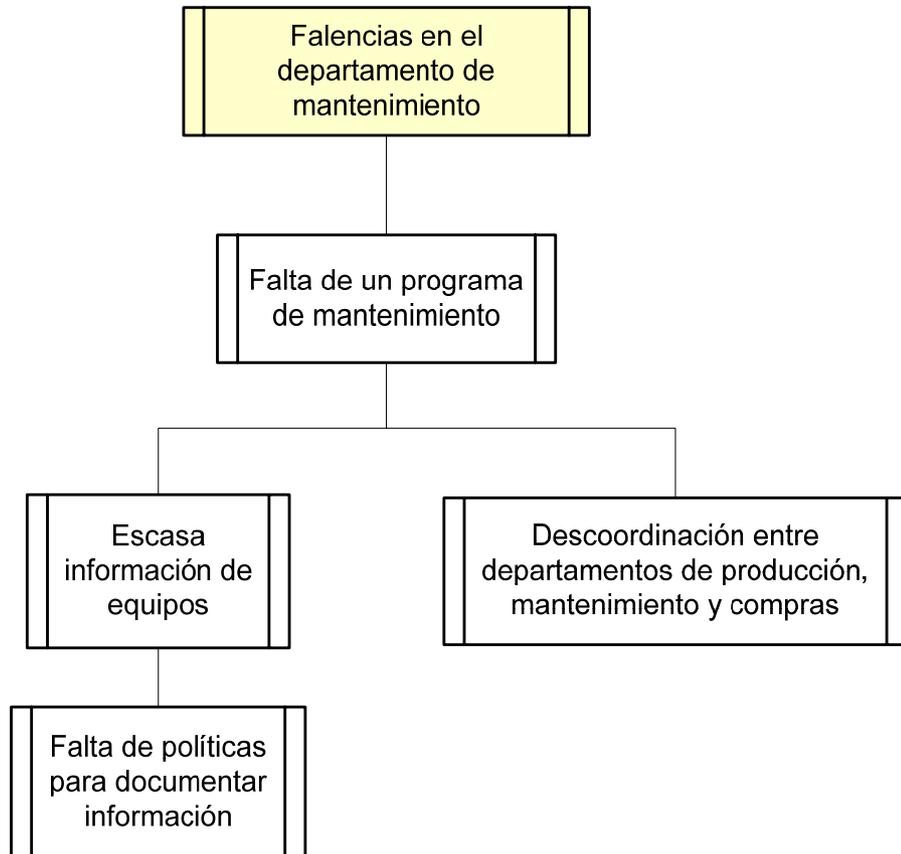


FIGURA 3.1. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE LAS FALENCIAS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO

En el análisis se observa que las falencias que se presentan en esta área, se deben a la falta de planes y programas de mantenimiento, generada por la escasa información y la falta de políticas en la empresa para documentar los procesos de mantenimiento de los equipos, además de la descoordinación

entre la gerencia de producción, mantenimiento y abastecimiento de repuestos por parte del departamento de compras.

Descripción del proceso productivo de la empresa

El proceso de elaboración de suministros de oficina y papelería en general, empieza por la recepción y posterior almacenamiento de bobinas de papel y accesorios como vinchas metálicas y grapas, las mismas que son la materia prima para la fabricación de los diversos productos que ofrece la organización. En la Figura 3.2 se observa a breves rasgos el proceso productivo que realiza la empresa.

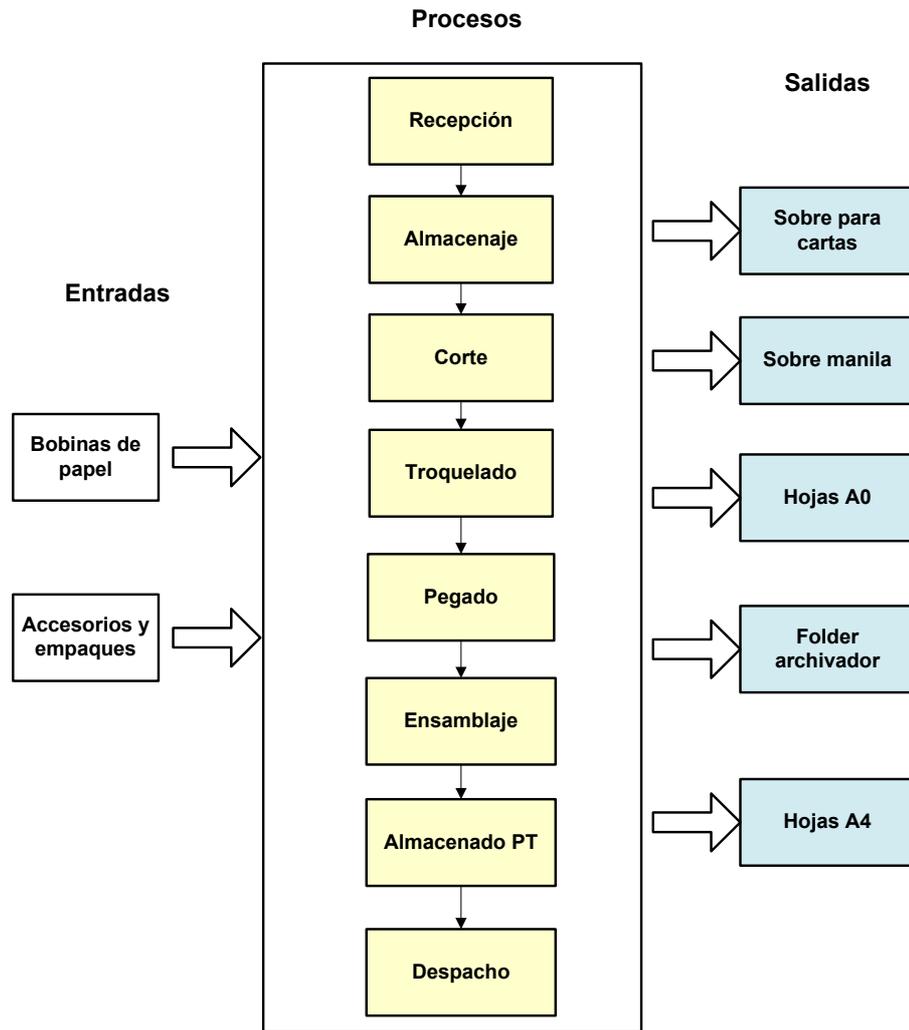


FIGURA 3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Identificación de subprocesos

El proceso de fabricación está compuesto por varias etapas conocidas como subprocesos, cada subproceso de fabricación es realizado por una o varias máquinas que conforman el área de producción. La identificación de los subprocesos tiene como objetivo determinar el tipo de operación y el equipo involucrado en el mismo, en la Tabla 7 se muestra la clasificación de los subprocesos de producción.

TABLA 7
IDENTIFICACIÓN DE SUBPROCESOS

Subproceso	Tipo de operación	Equipo(s)	Cant.
Recepción MP	Semi-automático	Montacarga	1
Bodegaje	Semi-automático	Montacarga	1
Corte	Automático	Zander	1
		Hang	1
		Hoberma	1
Troquelado	Automático	Winkler 26G	2
		Winkler 135G	2
Pegado	Automático	Crathern	1
Ensamblaje	Manual	-	-
Bodegaje PT	Semi-automático	Montacarga	1
Despacho	Semi-automático	Montacarga	1

Una vez que realiza la identificación de los subprocesos y de acuerdo a las observaciones y análisis de eficiencia de cada

máquina que se obtienen en el capítulo 1, se determina que la máquina CRATHERN, es la máquina que provoca mayor impacto en el sistema productivo, y genera un alto número de paras no programadas, por tal motivo se diseña un plan de mantenimiento preventivo y así garantizar el correcto funcionamiento del equipo, mejorando la eficiencia y minimizando desperdicios.

El producto que se elabora en la máquina CRATHERN es el folder archivador, en las presentaciones de tamaño oficio (216 x 356mm) y tamaño memorándum (210 x 140mm). El folder archivador consta de tres partes, estas partes son:

Papel guarda; llamado así porque va colocado en la parte interna del folder archivador.

Papel cubierta; es el papel externo del folder archivador, se distingue del papel guarda debido a su mayor grosor. En el papel cubierta se da la característica del color del producto de acuerdo al requerimiento del cliente.

Vincha metálica; es la que permite sujetar las hojas dentro del folder.

En la Figura 3.3 se observa un folder archivador en sus variadas presentaciones.



FIGURA 3.3 FOLDER ARCHIVADOR

3.2 Identificación de actividades

Para cumplir con la orden de fabricación de los folder archivadores, es necesario realizar una serie de actividades en la máquina CRATHERN.

En la Figura 3.4 se presenta cada una de las actividades realizadas en el equipo.

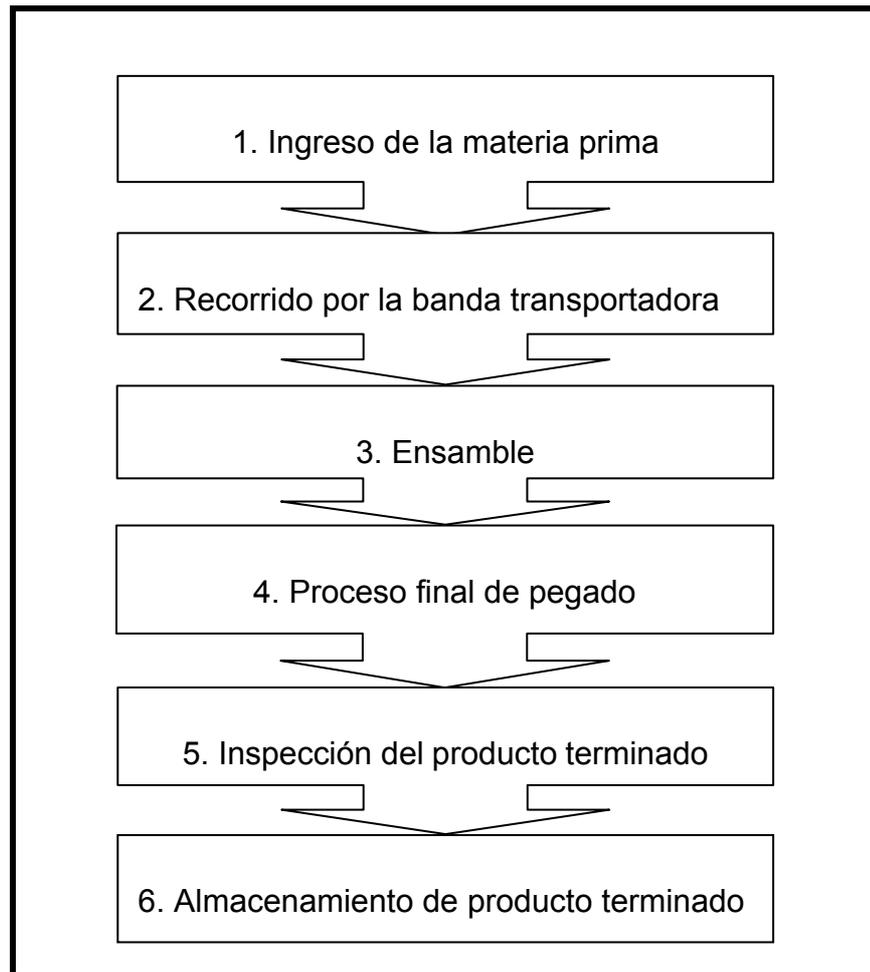


FIGURA 3.4. ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN LA MÁQUINA CRATHERN

1. Ingreso de la materia prima

La materia prima es ubicada en dos secciones específicas de la máquina, el papel guarda ingresa en la sección engomadora del equipo, donde la cantidad a colocar es en promedio de 2000 hojas que hacen una altura de 20 cm aproximadamente.

La alimentación de papel a esta sección de la máquina se realiza de forma automática. La sección acopladora del equipo, se abastece de papel cubierta en lotes de 125 unidades aproximadamente.

2. Recorrido por la banda transportadora

El papel ubicado en la engomadora de la máquina pasa por rodillos encargados de proveer goma al papel guarda y después es enviado hacia la banda transportadora, donde se mueve a una velocidad constante la misma que se modifica de acuerdo al tipo de producto, esta calibración se la realiza al inicio de la producción.

La banda de transportación posee perforaciones a lo largo y ancho para crear un vacío y mantener el papel adherido a la misma hasta el siguiente proceso de ensamble en la sección acopladora de la máquina.

3. Ensamble

Una vez que la banda ha transportado el papel guardado hasta la sección acopladora, un sensor detecta la posición exacta del papel y de manera simultánea los brazos automáticos atrapan el cartón y lo ubican sobre el papel guardado, teniendo como resultado ambas partes ensambladas en su respectiva posición.

Luego el producto sigue su recorrido en la banda hasta la prensa de la máquina donde se le aplica presión a las partes ensambladas.

4. Proceso final de pegado

La estructura de la prensa de la máquina CRATHERN está conformada por rieles, donde se le da la forma precisa de doblado al folder archivador, además cuenta con 6 rodillos recubiertos con teflón los cuales aplican presión suficiente para que ambas partes queden perfectamente adheridas.

5. Inspección del producto terminado

Al salir el producto terminado de la máquina, de inmediato es minuciosamente inspeccionado. Los criterios de inspección para el folder archivador son los siguientes:

- Centrado de acoplamiento.
- Burbujas de aire entre las partes pegadas.
- Doble interno.
- Exceso de goma.

Cuando el producto no cumple con las especificaciones, el producción se retira de producción e inmediatamente es desensamblado para ser reciclado.

6. Almacenamiento de producto terminado

El proceso de la máquina CRATHERN termina en la elaboración del folder archivador pre-formado, para finalizar el proceso del producto es necesario enviarlo al área de empaçado, esto se realiza en pallets de 1200 archivadores, donde se colocan accesorios como: vinchas y ojales de metal, además de respectivo adhesivo de identificación.

Una vez que se culmina el proceso final, el producto se coloca en cajas de 20 unidades para su almacenamiento y posterior distribución.

3.3 Identificación de condiciones iniciales

Para una correcta identificación de las condiciones iniciales es necesario conocer el diagrama de la máquina CRATHERN, en la Figura 3.5 se muestra la máquina y las partes que la componen.

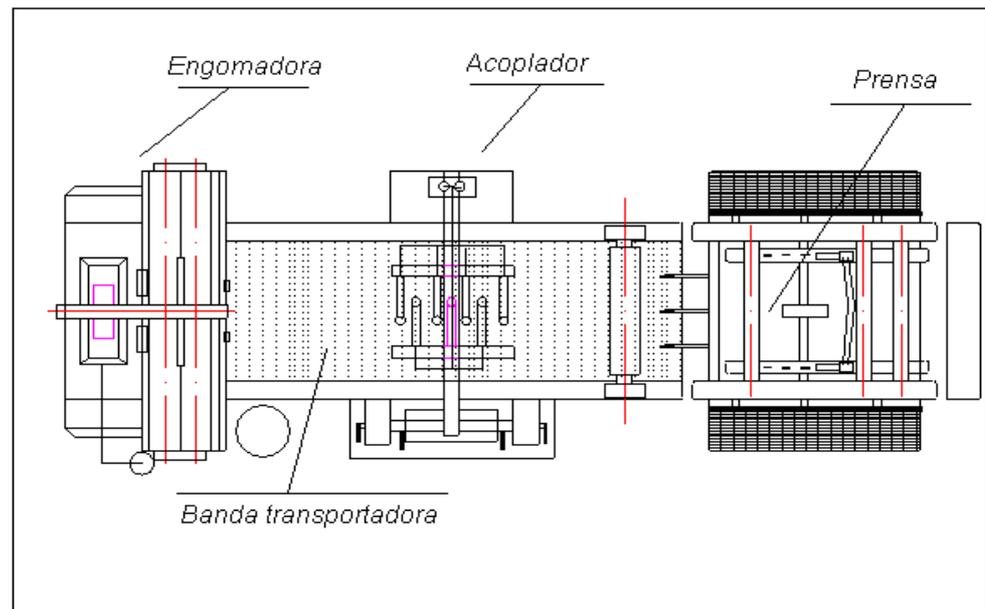


FIGURA 3.5 PLANO DE MÁQUINA CRATHERN

Luego de conocer el procedimiento y las actividades principales del proceso de fabricación del folder archivador que se realiza en la máquina, se procede a la identificación de las condiciones iniciales, y el estado en que se encuentra el equipo.

- **Limpieza, lubricación e inspección**

En esta etapa se realiza la evaluación de las partes y componentes de la máquina, para determinar los parámetros principales y poder realizar un óptimo plan de mantenimiento considerando la frecuencia de uso y la vida útil de los equipos.

Esta etapa sirve para establecer condiciones básicas de limpieza, lubricación e inspección ya que la máquina CRATHERN posee partes importantes que necesitan de estas condiciones de manera regular. En la Tabla 8 se muestran las partes, accesorios y componentes principales la máquina CRATHERN.

**TABLA 8
COMPONENTES DE MÁQUINA CRATHERN**

MÁQUINA CRATHERN	
Cantidad	Elemento
	SECCIÓN ENGOMADORA
2	Rodillos engomadores
2	Rodamientos 6305-2R51
2	Chumaceras 63008-2RS1
1	Rodillo de acero
2	Rodillos recubierto
4	Portavinchas
2	Botellas neumáticas
2	Escobillas
	CALDERA
1	Diafragma de bomba
1	Cilindro neumático
1	Motor eléctrico
1	Banda transportadora
2	Bombas de succión
3	Compresores
1	Resistencia de 2500 W
	ACOPLADORA
4	Chumaceras BCE 25KRRB
12	Ventosas absorbentes
3	Sensores electrónicos
1	Sistema neumático para absorbentes
1	Sistema hidráulico para absorbentes
	PRENSA
8	Rodillos recubiertos con teflón
1	Escobillas
2	Bandas de transmisión
2	Bandas de doblado
10	Arandélas recubiertas
6	Rodamientos 362006BTN
1	Sensor electrónico
2	Sistemas neumáticos
1	Micro swith WL18-2P135
4	Chumacera BCE 25KRRB
1	Compresor de baja
1	Disco de embrague

Manuales y documentación

El equipo no cuenta con ningún tipo de documentación, a nivel de características, operación y mantenimiento, lo que dificulta la elaboración de cualquier plan de mantenimiento o gestión encaminada a mejorar su funcionamiento y el sistema de producción.

Una vez expuesto estos antecedentes, el proyecto inicia levantando todo tipo de información a través de entrevistas con el personal de mantenimiento, operadores, gerente de producción para obtener información que ayude a crear una base sólida en la realización de los planes de mantenimiento y proyectos de mejora en la máquina, que sirva para levantar el historial del equipo. Esta información se encuentra en el APÉNDICE A.

Con la información que se obtiene de la máquina se procede a realizar un estudio exploratorio; el mismo que lleva a buscar información significativa sobre el estado de la máquina:

Evaluación general: De manera general el equipo se encuentra en regulares condiciones, ya que el operario realiza la limpieza de manera superficial por lo que existe muchas partes de la máquina que presentan acumulación de polvo que al mezclarse con la grasa crean una masa que impide el correcto funcionamiento.

Evaluación eléctrica: El sistema eléctrico de la máquina CRATHERN se encuentra en condiciones normales a pesar de que han existido adaptaciones en su panel eléctrico.

Evaluación de lubricación: No existe lubricación adecuada en partes como chumaceras y rodamientos, pues presentan grasa sucia en su exterior, además el aceite utilizado para mover los brazos hidráulicos ha perdido sus propiedades de viscosidad, lo que no permite una articulación adecuada.

Evaluación del lugar de trabajo: El piso del área de trabajo se encuentra siempre con restos de goma debido a fugas existentes en el equipo además se encuentra elementos extraños a los procesos productivos.

- **Identificación de anomalías**

En los equipos se presentan anomalías durante su funcionamiento, cuando esto ocurre los operarios quienes están la mayor parte del tiempo en contacto con el equipo tienen en la obligación de reportar cualquier anomalía existente al jefe de mantenimiento, en la Figura 3.6, se muestra la frecuencia de fallas en un mes de estudio, donde las secciones que componen la máquina CRATHERN son observadas en este intervalo de tiempo.

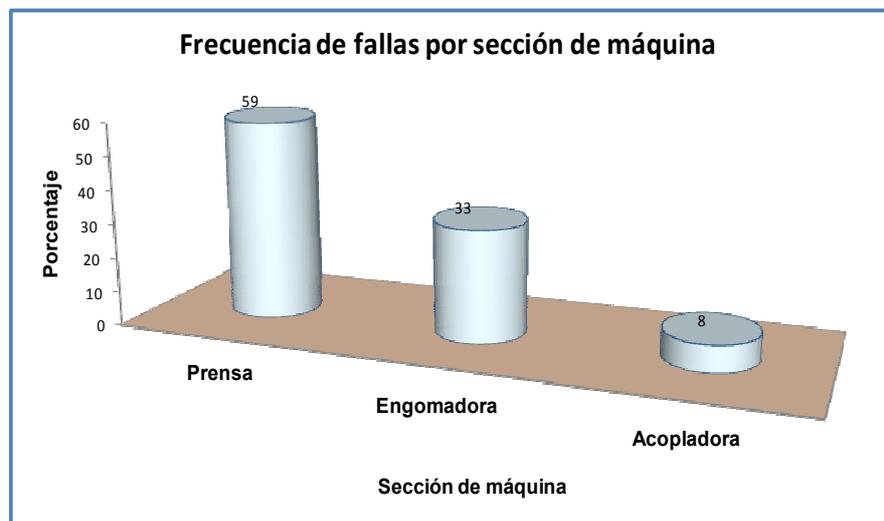


FIGURA 3.6. FRECUENCIA DE FALLAS EN EL EQUIPO

De acuerdo al número de fallas producidas durante el funcionamiento de la máquina, se analiza las causas asociadas a estas paradas no programadas:

Sección Engomadora de la máquina CRATHERN

- Engrane flojo de la Banda transportadora.
- Problemas en el reservorio de goma.
- Suciedad en la goma.
- Fallas en Panel eléctrico.

Sección Acopladora de la máquina CRATHERN

- Fugas de aceite.
- Calibración de avance de papel.
- Daño de diafragma de bomba.

Sección Prensa de la máquina CRATHERN

- Perdida de presión en los rodillos.
- Problemas con los sensores electrónicos.
- Falla de la Banda giratoria.

- **Eficiencia global del equipo. (OEE)**

El OEE (Eficiencia Global de Equipo) es una herramienta sencilla pero poderosa con la que se puede obtener información acerca de lo que está ocurriendo con el equipo.[3]

Para el cálculo de la eficiencia total del equipo, es necesario conocer índices sobre la disponibilidad de la unidad, el rendimiento de la Producción y Calidad.

La información sobre estos índices se detalla en la Tabla 9.

TABLA 9
DATOS PARA CÁLCULO DE INDICADOR OEE

Motivo de para	Día	Horas trabajadas	Horas paradas	Producción
Limpieza y ajuste de banda	1	11	5	4400
Revisión de caldera	2	13	3	5200
Daño de prensa	3	9	7	3550
Ajuste de engranajes y Calibración	4	11	5	4260
Tensión de banda	5	12	4	4875
Daño de prensa	6	8	8	3000
Calibración de acopladora	7	5	3	1800
Daño de ventosa	8	13	3	4190
Daño de engomadora	9	12	4	5000
Revisión de prensa	10	10	6	4180
Calibración de prensa	11	9	7	5800
Calibración de prensa	12	8	8	4750
Daño de engomadora	13	8	8	3100
Limpieza de abastecedores	14	5	3	1500
Limpieza y ajuste de banda	15	10	6	4190
Falla de rodillos engomadores	16	14	2	5700
Calibración de acopladora	17	11	5	3980
Limpieza de máquina	18	10	6	4400
Ajuste de engranajes y Calibración	19	10	6	4150
Daño de engomadora	20	12	4	5250
Problemas eléctricos	21	5	3	1700
Falla de rodillos engomadores	22	10	6	4800
Calibración de prensa	23	4	12	1050
Revisión de caldera	24	11	5	4150
Daño de ventosa	25	9	7	3800
Tensión de banda	26	8	8	3250
Calibración de acopladora	27	7	9	3000
Limpieza de abastecedores	28	6	2	2000

Para calcular el indicador OEE se aplica el software que se encuentra publicado en la página de internet de mantenimiento mundial y los resultados se presentan a continuación en la Tabla 10.

OEE = ratio de disponibilidad x ratio de rendimiento x ratio de calidad

$$\text{Ratio de disponibilidad (\%)} = \frac{\text{tiempo de funcionamiento}}{\text{tiempo programado de producción}}$$

Ratio de disponibilidad (%)

$$= \frac{\text{tiempo programado de producción} - (\text{averías} + \text{esperas} + \text{restricción línea})}{\text{tiempo programado de producción}}$$

Ratio de rendimiento (%)

$$= \frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades que teóricamente deberían producirse}}$$

$$\text{Ratio de calidad (\%)} = \frac{\text{unidades producidas} - (\text{scrap} + \text{retrabajos})}{\text{unidades producidas}}$$

Simbología

Tt min: Tiempo total en minutos

TP: Tiempo perdido

Topr.min: Tiempo de operación en minutos

Topr. Neto: Tiempo de operación neto

Prod. Turno: Unidades producidas por turno

TABLA 10
CÁLCULO DEL OEE

ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL - TPM
REPORTE DE MINUTOS IMPRODUCTIVOS PARA CÁLCULO DEL OEE

PLANTA: _____ N/A _____ LINEA: _____ Folders _____ PRODUCTO: _____ Archivadores _____ VELOCIDAD: _____
 FECHA: _____ 25/03/2010 _____ OPERARIO: _____ N/A _____
 DISPONIBILIDAD: 74% RENDIMIENTO: 83% CALIDAD: 95% OEE: 58%

HORAS		DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO														RENDIMIENTO						CALIDAD	PRODUCCIÓN		
		CÓDIGOS																							
DE:	A:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	DEFCT.	UNIDADES
TURNO 1																								DEFCT.	UNIDADES
7:00	8:00		50																					5	95
8:00	9:00																					15		15	150
9:00	10:00				30																			18	286
10:00	11:00																							13	334
11:00	12:00															20								9	293
12:00	13:00	55																						5	100
13:00	14:00									45												20		7	176
14:00	15:00																							17	295
TURNO 2																						10		0	0
15:00	16:00											35												8	162
16:00	17:00																	25						19	285
17:00	18:00																							14	350
18:00	19:00																							21	378
19:00	20:00																					15		10	336
20:00	21:00							35																5	251
21:00	22:00																						20	14	310
22:00	23:00			35																				4	210
TOTAL		55	50	35	30	0	0	35	0	45	0	0	35	0	0	20	0	25	0	0	0	60	20	184	4011

1	Almuerzo	4	Limpieza y ajuste de banda	12	Tensión de banda
2	Preparación de máquina	7	Ajuste de engranajes y Calibración	15	Calibración de acopladora
3	Limpieza de máquina	9	Daño de ventosa	17	Daño de engomadora
21	Revisión de prensa	22	Calibración de prensa		

Disponibilidad	Tt min	Turnos 8 horas	TP	Tf min	Pérdida*Alist	Topr. Min	Pérdida
74%	960	2	140	820	94%	770	79%

Rendimiento.	Topr. Neto	Topr. Útil	Prod. Turno	Ciclo
83%	605	500	4011	0,1247

Tasa-Calidad	Defectos
95%	184

(Fuente: www.mantenimientomundial.com)

Los datos que se utilizan para realizar este análisis están dados en minutos debido a que así lo requiere el sistema. Se observa que con los datos que se ingresa a la hoja de cálculo se obtiene los porcentajes de Disponibilidad 74%, Rendimiento 83%, Calidad 95% dando como valor resultante de OEE 58%, por lo que se procede a realizar la comparación con los valores de la Tabla 11 de ponderación, donde se encuentra los valores de consecuencia y aceptación.

**TABLA 11
TABLA DE VALORES DEL OEE**

OEE	Calificativo	Consecuencias
<65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad
≥65% <75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora
≥75% <85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja
≥85% <95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados 'World Class'
≥95%	Excelente	Competitividad excelente

Realizando la comprobación de los valores calculados y los ponderados en la tabla 11 se observa que la eficiencia tiene un calificativo de inaceptable y la consecuencia es baja competitividad.

Una vez que se obtiene la eficiencia global del equipo, se procede a calcular otros indicadores con el objetivo de conocer el estado inicial, los resultados se muestran en la Tabla 12.

TABLA 12
INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Indicador	Fórmula	Valor
OEE	$\%Disponibilidad * \%Rendimiento * \%Calidad$	58%
Tiempo medio entre fallas	$\frac{TO \text{ (tiempo de operación)}}{NF \text{ (número de paradas)}}$	2 días
Cumplimiento del mantenimiento	$\frac{\# \text{ de mant. preventivos realizados}}{\# \text{ total de mantenimiento programados}} \times 100$	N/A
Trabajo en mantenimiento correctivo	$\frac{\text{horas hombre gastadas en reparación}}{\text{horas hombre disponible}} \times 100$	13 %
Disponibilidad del equipo	$\frac{\text{Tiempo de Operación}}{\text{Tiempo de Operación} + \text{Tiempo de Parada}} \times 100$	74%

- **Fuentes de contaminación**

Una vez que se ha determinado la eficiencia del equipo, se procede a controlar las fuentes de contaminación, esto se realiza previo a la puesta a punto del equipo.

La máquina CRATHERN, actualmente presenta contaminación por la existencia de fugas de goma en las mangueras de equipo. Ver figura 3.7



FIGURA 3.7. CONTAMINACIÓN DE GOMA

La Banda Transportadora de la máquina también se ve afectada por agentes contaminantes, debido al trabajo que realiza la engomadora caen residuos de goma sobre la banda transportadora, dejando el papel cubierta manchado y con

restos de goma que se adhieren a la banda. El tiempo que tarda el operador en ejecutar la limpieza de la máquina es aproximadamente 45 minutos.

- **Inventario de repuestos existentes en bodega**

Teniendo en cuenta que los repuestos son aquellas piezas o partes de un sistema mecánico que se tienen a disposición para sustituir a otra, se infiere que el inventario de repuestos no produce por sí mismos beneficios económicos futuros para la organización, debido a lo antes expuesto, es necesario identificar la situación actual en la bodega de repuestos y accesorios.

La bodega de repuestos es administrada por el departamento de mantenimiento, el cual tiene a su cargo componentes de todas las máquinas de la fábrica, en esta bodega se hallan repuestos obsoletos que no son usados debido a que algunas partes de las máquinas fueron reemplazadas por otro tipo de sistema.

En la bodega se lleva un sistema de contabilidad de inventario kardex, es decir se conoce la cantidad en dólares de los repuestos existentes.

En la Tabla 13 se observa la marca de máquina y el costo total de los repuestos almacenados.

TABLA 13
VALOR EN DÓLARES DE REPUESTOS ALMACENADOS

Máquina	Cantidad de ítems	Valor de repuestos
WINKLER 26 G	220	\$ 6800
WINKLER 135 G	143	\$ 4300
ZANDER	289	\$ 5600
CRATHERN	357	\$ 8176
HOBERMA	311	\$ 7200
HANG	46	\$ 2700

(Fuente: Dpto. Financiero)

Después de conocer el costo en dólares de los repuestos, es necesario levantar información del inventario perteneciente a la máquina en estudio. En la Tabla 14 se muestra todos los repuestos existentes de la máquina CRATHERN en la bodega.

TABLA 14
INVENTARIO DE REPUESTOS MÁQUINA CRATHERN

Nro.	NOMBRE	\$/ Unidad	CANTIDAD	\$ TOTAL
1	Brida	20,00	1	20,00
2	Corona	40,00	2	80,00
3	Buje de presion de cinta	50,00	3	150,00
4	Buje de cambio de marcha	50,00	1	50,00
5	Piñón	80,00	1	80,00
6	Buje de engranaje	20,00	1	20,00
7	Relay	7,00	4	28,00
8	Suprly power	30,00	3	90,00
9	Piñon doble	100,00	1	100,00
10	Perillas biceladas de plástico	25,00	3	75,00
11	Brazo mecánico	10,00	2	20,00
12	Disco de embrague	15,00	1	15,00
13	Banda SV	15,00	1	15,00
14	Válvula de rodillo	60,00	2	120,00
15	Cilindro	50,00	2	100,00
16	Base para cilindro	20,00	1	20,00
17	Brazo para cilindro	40,00	4	160,00
18	Spotter	20,00	2	40,00
19	Válvula de aire	10,00	1	10,00
20	Freno (Reparados)	100,00	2	200,00
21	Elemento de filtro.	5,00	5	25,00
22	Filtro	15,00	5	75,00
23	Polea	15,00	1	15,00
24	Émbolo	15,00	2	30,00
25	Soporte estabilizador	25,00	1	25,00
26	Cilindro hidraulico 1"	150,00	1	150,00
27	Electro-válvula	40,00	1	40,00
28	Rueda de tren	10,00	3	30,00
29	Copa de vacio. (caucho)	5,00	50	250,00
30	Copa de vacio. (plástico)	5,00	144	720,00
31	Eje	50,00	1	50,00
32	Manivela	10,00	1	10,00
33	Elevador	40,00	2	80,00
35	Reservorio	5,00	2	10,00
36	Válvula PC	50,00	1	50,00
37	Envoltura	50,00	1	50,00
38	Piñón	30,00	1	30,00
39	Brazo de polea	15,00	5	75,00
40	O' Ring	1,00	2	2,00
41	O' Ring	1,00	6	6,00
42	Polea MP	5,00	3	15,00

43	Polea transportadora	5,00	2	10,00
44	Banda sincronizadora	5,00	2	10,00
45	Corona hexagonal	6,00	2	12,00
46	Teflón doble banda	300,00	4	1200,00
47	Teflón doble banda (OPP)	300,00	2	600,00
48	Manga de goma	40,00	1	40,00
49	Cepillo de plástico	4,00	6	24,00
50	Angulo de empuje	15,00	1	15,00
51	Fototransistores	8,00	1	8,00
52	Emiter. L.E.D.	4,00	1	4,00
53	Cilindro MK	100,00	1	100,00
54	Controlador de viscosidad (GVC -1)	80,00	1	80,00
55	Válvula de 3 vias	60,00	2	120,00
56	Bomba	100,00	1	100,00
57	Válvula de agua	20,00	1	20,00
58	Válvula de aire	15,00	1	15,00
59	Kit de repuestos para bomba de goma	15,00	3	45,00
60	Acoplamiento macho, 1 / 2 "	3,00	1	3,00
61	Acoplamiento macho, 3 / 4 "	3,00	1	3,00
62	Acoplamiento hembra 1 / 2 "	3,00	1	3,00
63	Acoplamiento hembra 3 / 4 "	3,00	1	3,00
64	Lubricador 1/4"	10,00	2	20,00
65	Contador	80,00	1	80,00
66	Potenciómetro	60,00	1	60,00
67	Brida	10,00	2	20,00
68	Deflector	20,00	1	20,00
69	Correa V-S	15,00	1	15,00
70	Resistencia 2500w	80,00	2	160,00
71	Brida del aislador	60,00	2	120,00
72	Válvula de cierre	40,00	1	40,00
73	Cilindro neumático	120,00	6	720,00
74	Reservorio de aceite	10,00	2	20,00
75	Válvula de aire	40,00	2	80,00
76	Balancines	40,00	2	80,00
77	Base metálica	40,00	2	80,00
78	Freno	100,00	5	500,00
79	Abrazaderas	5,00	3	15,00
80	Control termostático	60,00	4	240,00
81	Corona doble	60,00	6	360,00
TOTAL			357	8176,00

(Fuente: Dpto. de mantenimiento)

3.4 Análisis de fallas

La empresa no tiene una planificación de mantenimiento preventivo para sus máquinas, en vista de que siempre se realiza mantenimientos correctivos, además no se lleva registros, ni la documentación apropiada para el área del mantenimiento. A todo esto se suma que la empresa no cuenta con el suficiente personal técnico que pueda llevar un verdadero sistema de mantenimiento.

Con las personas involucradas directa e indirectamente con el funcionamiento de la máquina CRATHERN, se ejecuta un análisis de causas, para ello se utiliza un diagrama de Ishikawa que permite determinar las causas que generan las paras no programadas de la máquina. Ver Figura 3.8

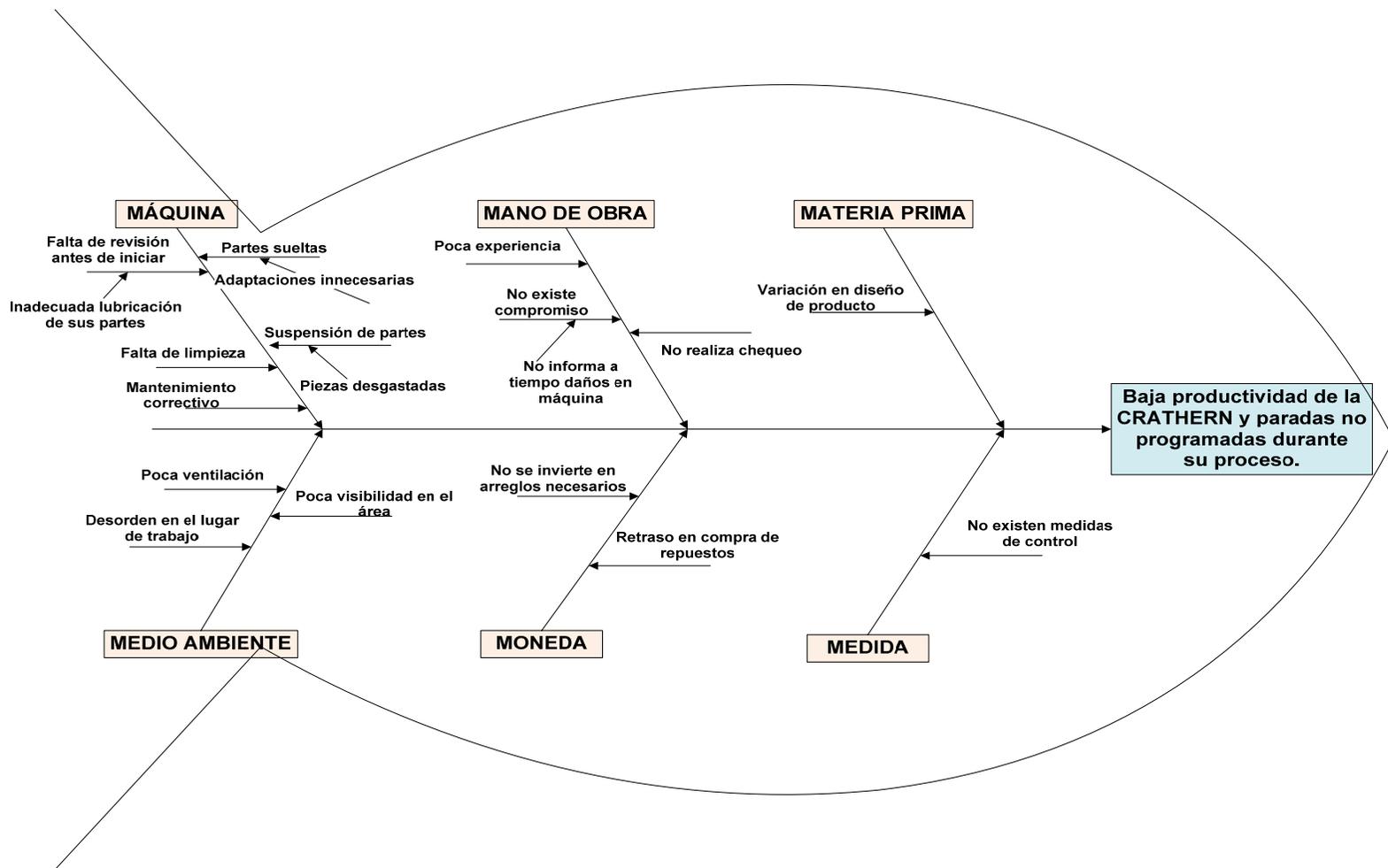


FIGURA 3.8 DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA MÁQUINA CRATHERN

En la Tabla 15 se observa el análisis de causas que provocan baja productividad de la máquina CRATEHRN y paradas no programadas durante su proceso de producción.

TABLA 15
ANÁLISIS DE CAUSAS

ANÁLISIS DE CAUSAS			
Baja productividad de la máquina CRATHERN y paradas no programadas durante su proceso.			
CAUSAS	FREC.	% REL TV.	% ACUM.
Mantenimiento correctivo	8	21,1	21,1
Falta de limpieza	5	13,2	34,2
Falta de chequeo	5	13,2	47,4
No se reporta anomalías	5	13,2	60,5
Piezas desgastadas	2	5,3	65,8
Adaptaciones innecesarias	2	5,3	71,1
Inadecuada lubricación.	1	2,6	73,7
No existe compromiso	1	2,6	76,3
Piezas libres	1	2,6	78,9
Falta de experiencia	1	2,6	81,6
Suspensión de sistemas	1	2,6	84,2
Desorden en el lugar de trabajo	1	2,6	86,8
No se invierte en reparaciones	1	2,6	89,5
Retraso en compra de repuestos	1	2,6	92,1
Poca visibilidad en el área	1	2,6	94,7
Falta ventilación	1	2,6	97,4
Variación en diseño de producto	1	2,6	100,0
Total	38		

El análisis de causas señala que el 78.9% de la baja productividad de la máquina y las paradas no programadas durante su proceso de producción se derivan en 10 motivos principales, los cuales se eliminan aplicando el TPM como herramienta de mejora, las causas principales son:

- Mantenimientos correctivos
- Falta de limpieza de la máquina
- Falta de chequeo antes de iniciar producción
- Operario no informa anomalías en máquina a tiempo
- Piezas que presentan desgaste
- Adaptaciones innecesarias en el equipo
- Inadecuada lubricación
- No existe compromiso por parte del personal
- Piezas libres en la máquina

Con los resultados obtenidos del análisis de causas, se realiza el respectivo diagrama de Pareto que permite observar cual es el grupo de causas que generan la mayoría de los problemas. En la Figura 3.9 se observa el diagrama de Pareto donde se presenta de manera

porcentual las causas principales asociadas a la baja productividad y paras no programadas de la máquina CRATHERN.

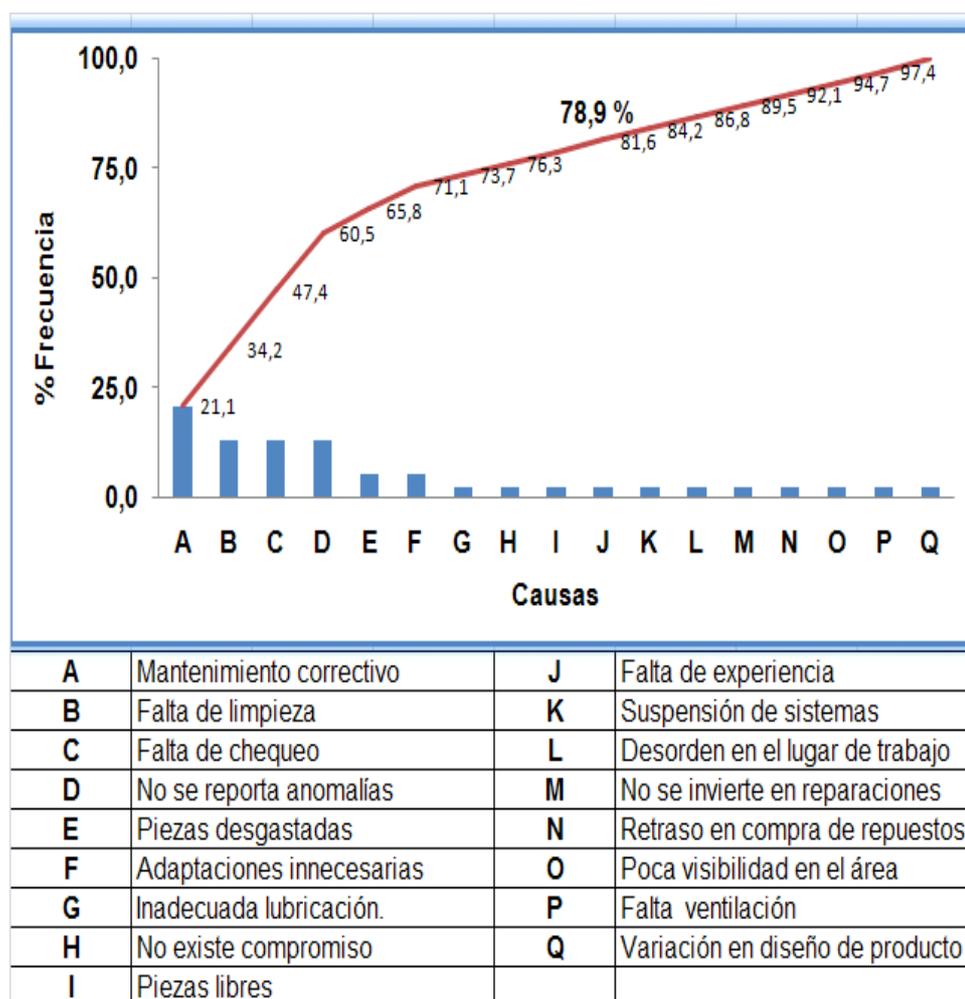


FIGURA 3.9. PARETO DE BAJA PRODUCTIVIDAD Y PARAS NO PROGRAMADAS DE MÁQUINA CRATHERN

Entre el total de las causas encontradas en el análisis, se puede observar que la más relevante, es la de ejecución de mantenimientos correctivos durante la producción, el cual representa el 10% de las causas encontradas, pero genera el 21% de los problemas aproximadamente, siendo esta la principal fuente de la baja productividad del equipo.

Identificación de fallas que se presentan en el proceso de elaboración de Folder Archivador

La constante ejecución de mantenimientos correctivos en el equipo se debe a problemas técnicos que se enumeran a continuación:

- **Desgaste de los engranajes de la banda transportadora**

El desgaste de los engranajes que hacen girar la banda transportadora se debe a la falta de lubricación de los mismos, este desgaste provoca que exista fuga entre los engranajes y ocasione el aumento o reducción del avance de la banda en donde se transporta el papel guarda.

En el proceso, por cada tipo de producto a fabricar existe la respectiva calibración llamada “avance de banda”, si esta sincronización varía durante el funcionamiento de la máquina, implica que no se ensamble correctamente las partes del producto y se tenga problemas de calidad del mismo.

- **Saturación de goma en reservorio**

El reservorio de goma, es la parte de la máquina en donde cae el excedente de goma utilizada por los rodillos engomadores, los cuales humedecen al papel guarda próximo a ser pegado con la cubierta, el problema de este proceso se origina en el sistema de drenaje de retorno a la caldera, pues se obstruye y provoca que la goma se derrame fuera de los rodillos.

- **Partículas extrañas en la goma**

Inicialmente la goma empleada está en estado sólido antes de ingresar al proceso productivo, y que, mediante el vapor generado por la caldera se transforma en líquida, donde, por medio de una bomba es enviada a los rodillos de la engomadora de la máquina CRATHERN.

El problema en esta etapa del proceso se origina por la existencia de grumos en la goma, el cual es provocado por los residuos que quedan de la producción anterior. Cuando la máquina empieza nuevamente a funcionar, estas impurezas se adhieren al nuevo papel guarda, incurriendo a la paralización de la máquina hasta que se limpie la suciedad de los rodillos engomadores,

- **Falla de botella neumática**

La botella neumática de la engomadora es la encargada de atrapar el papel guarda e introducirlo en los rodillos engomadores que se encuentran en movimiento.

Cuando esta botella neumática falla, no absorbe correctamente el papel, esto se debe a que los cauchos rines que están dentro de esta botella tienen pequeñas fugas de aire, lo que implica que se pierda presión y no funcione correctamente.

En la Figura 3.10 se observa la botella neumática perteneciente a la engomadora de la máquina.



FIGURA 3.10. BOTELLA NEUMÁTICA DE LA ENGOMADORA

- **Falla de panel eléctrico de la máquina**

El panel eléctrico posee algunos arreglos inadecuados además no cuenta con un sistema de seguridad apropiado, poniendo en riesgo la seguridad del operario y de las instalaciones de la planta, ya que se ha suspendido elementos importantes tales como swicht y el sistema de parada de emergencia de la máquina.

- **Fugas de aceite en el sistema hidráulico**

El aceite SAE 10 utilizado en el sistema hidráulico de la sección de acoplamiento de la máquina CRATHERN, permite el movimiento de los brazos mecánicos que contienen las ventosas absorbentes que atrapan el papel cubierta para ensamblarlo con el papel guarda sobre la banda transportadora. En el sistema hidráulico existen fugas de aceite producidas por mangueras y neplos en mal estado, lo que dificulta el movimiento de los brazos mecánicos por falta del fluido en su sistema.

En la Figura 3.11, se observa fuga en las mangueras provocando el derrame de aceite en el piso.



FIGURA 3.11. FUGA DE ACEITE EN MANGUERAS

- **Falla del diafragma de la bomba**

El diafragma de la bomba de la sección acopladora de la máquina es la que permite el envío de goma líquida generada por el vapor de la caldera a los rodillos engomadores, cuando este diafragma no es cambiado a tiempo se rompe y genera pérdida de presión en el fluido y derrame la goma.

En la Figura 3.12 se observa el diafragma junto a la bomba de goma.



FIGURA 3.12. DIAFRAGMA DE BOMBA

- **Falla de la banda giratoria**

El funcionamiento de la banda giratoria consiste en una serie de arandelas que aplastan los fillos del folder archivador, y de una platina que se encarga del proceso de doblar el papel hacia el interior del producto, cuando esto no funciona de manera correcta los fillos del folder presentan rugosidad, provocando problemas de calidad en el producto.

La causa de este problema se debe a la vibración de la máquina lo cual causa que se aflojen los pernos que ajustan este sistema mecánico por lo cual el operador debe parar la máquina para volver a calibrarla y ajustar los pernos de sujeción.

En la Figura 3.13 se observa el sistema de la banda giratoria y el impacto de esta falla en el producto.



FIGURA 3.13. SISTEMA DE BANDA GIRATORIA

- **Fallas en los rodillos recubiertos con teflón de la prensa**

Los rodillos de teflón de esta sección de la máquina, son los encargados de presionar las partes ensambladas del folder archivador, con la finalidad de obtener un pegado resistente.

La característica principal que deben poseer estos rodillos es tener una superficie pareja, para que la presión ejercida sobre el archivador sea uniforme en toda su área.

El problema en los rodillos se debe a que el recubrimiento de teflón que poseen nunca ha sido cambiado. Actualmente presentan canales que se han formado a través del tiempo de funcionamiento, lo que impide que el folder archivador sea presionado de manera homogénea, y se afecte la calidad del producto.

Identificación de Proveedores de servicio mecánico y de Repuestos.

La identificación de proveedores es un problema no cuantificable dentro del análisis de fallas pero que tiene repercusiones importantes al momento de cada parada por avería de máquina.

La empresa al momento no cuenta con una lista de Proveedores de servicio mecánico que les brinde el soporte necesario, y tampoco cuenta con una base fija de proveedores de repuestos debido a la falta de gestión en el departamento de compras.

3.5 Mejora de procesos

Como parte de los procesos enfocados en el mantenimiento preventivo, es fundamental realizar una serie de cambios en el equipo para su correcto funcionamiento, puesto que para diseñar un adecuado plan de mantenimiento es importante contar con una planificación de mejora.

Puesta a punto de máquina CRATHERN

Por iniciativa propia de la dirección de la empresa, se decide realizar el proceso de “puesta a punto del equipo” con la finalidad de alargar la vida útil del equipo, para esto hay que tener presente actividades claves como: Reemplazo o reparación de elementos del equipo que presentan fallas frecuentes.

- **Cambio de la banda transportadora**

Se realiza el reemplazo de la banda transportadora debido a que esta ya ha perdido sus propiedades elásticas del material, esto provoca que ya no se disponga de longitud en el tornillo de regulación para la respectiva calibración de tensión. Con este cambio se disminuye el tiempo perdido en producción por motivos de reparación y regulación de la tensión en la banda.

En la Figura 3.14 se observa el cambio de la banda transportadora.



FIGURA 3.14. CAMBIO DE BANDA TRANSPORTADORA

- **Cambio de la resistencia de la caldera**

La resistencia eléctrica que posee la caldera es la encargada de transmitir el calor suficiente para generar vapor, el cambio de la resistencia se debe al elevado tiempo de respuesta que posee, provocando retrasos de tiempo mientras se derrite la goma.

La nueva resistencia electrica para la caldera de la máquina es de 2500 Watts. Ver Figura 3.15



FIGURA 3.15. RESISTENCIA DE CALDERA DE VAPOR

- **Revestimiento de los rodillos de teflón**

Los rodillos de teflón que presentan canales de desgaste, se los envía a rectificar su revestimiento, el trabajo se ejecuta en un taller externo. Con esta reparación se mejora la calidad del producto puesto que al rectificarse los rodillos, este presionara uniformemente las partes ensambladas.

En la Figura 3.16 se observa la diferencia entre un rodillo defectuoso y un rodillo rectificado.



FIGURA 3.16. RODILLO RECTIFICADO

- **Mantenimiento de motores eléctricos**

Debido al tiempo de funcionamiento que poseen los motores eléctricos de la máquina, se les realiza un chequeo especialmente a los motores que hacen girar las hélices de succión que mantienen adheridos el papel a la banda transportadora durante su movimiento, el mantenimiento consiste en cambio de carbones, revisión y limpieza de la bobina, y lubricación de los rodamientos del eje donde se

encuentra la bobina, con esto se va disminuir paradas por ese problema, puesto que una falla de este tipo, la máquina para totalmente su producción debido a que no se mantiene el papel en la banda durante su recorrido.

- **Cambio de mangueras de caldera**

Se realiza el cambio de mangueras que conducen la goma desde la caldera hasta los rodillos engomadores de la máquina, este reemplazo evita la obstrucción del fluido, debido a que las mangueras anteriores presentaban inconvenientes por goma sólida en su interior.

- **Cambio de ventosas absorbentes y cauchos rines de las botellas neumáticas**

El mantenimiento que se realiza a las botellas neumáticas consiste en el cambio de los cauchos rines en su interior para no tener pérdida de presión de aire y además cambiar todas las

ventosas absorbentes para no tener problemas al momento de atrapar el papel.

En la Figura 3.17 se observa las ventosas absorbentes reemplazadas.



FIGURA 3.17. VENTOSAS ABSORBENTES

CAPÍTULO 4

4 PLAN DE MANTENIMIENTO

4.1 Solución planteada para el plan de mantenimiento

Continuando con el proceso de mejora, en este capítulo se plantea soluciones a los problemas encontrados en el análisis de condiciones iniciales realizado a la máquina CRATHERN. Para llevar a cabo este proceso de solución, es necesaria la elaboración de un procedimiento cuyo objetivo es aumentar la eficiencia productiva de la máquina CRATHERN y prolongar su vida útil de funcionamiento.

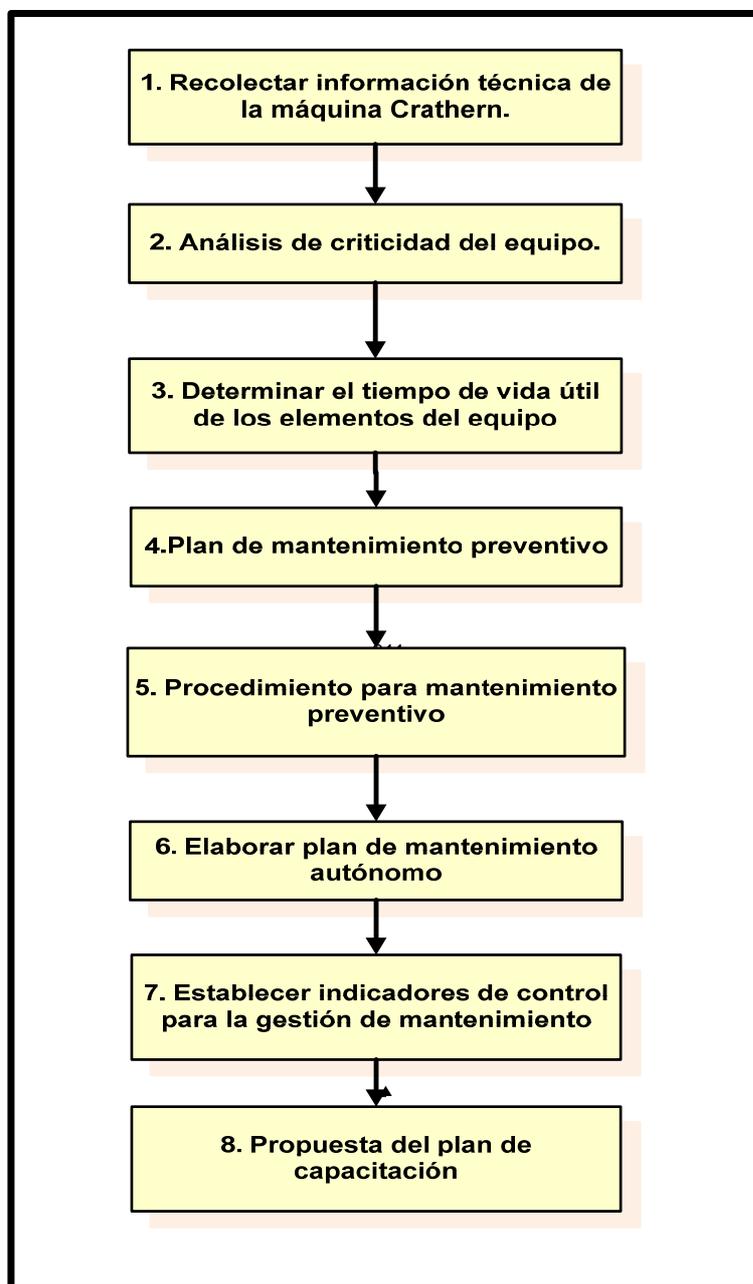


FIGURA 4.1. DIAGRAMA DE PROCESOS PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Recolectar información técnica de la máquina CRATHERN

En esta etapa se recopila toda la información acerca de la máquina CRATHERN, considerando desde el inicio de su operación hasta la actualidad, para cumplir con esto es necesario revisar catálogos, manuales del fabricante, experiencia de los operadores y documentos relacionados con el equipo.

Una vez que se obtiene toda la información de la máquina, esta se documenta y se establece una base de información técnica e histórica la misma que debe ser utilizada por el departamento de mantenimiento, de tal manera que cualquier persona que ingresa a laborar en este departamento tenga un punto de referencia para el desarrollo de sus funciones con respecto a el equipo, además esta actividad se debe ir generalizando en toda la empresa, esta actividad se logra a través del formato que se observa en la Figura 4.2 en donde se detallan características técnicas de la máquina CRATHERN, además la información de los equipos auxiliares que complementan el funcionamiento de la misma.

DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO			
			
Nombre de máquina	CRATHERN		
Modelo	CE 26	Código	IU 009
Tipo de máquina	Pegadora		
País de procedencia	Estados Unidos		
Fabricante	SHEET GLUER		
Ubicación en la planta	Área de producción sector de archivadores		
Responsable	xxxxxxxxxx		
DIMENSIONES			
Alto	1,65 metros	Longitud	5,45 metros
Ancho	1,5 metros	Peso	3 toneladas
ELEMENTOS PRINCIPALES			
Arandelas recubiertas de caucho			
Banda giratoria			
Banda transportadora			
Bandas de transmisión S3			
Bombas de succión			
Botella neumática S3			
Botellas neumáticas S1			
Chumacera BCE 25KRRB			
Chumaceras 63008-2RS1			
Cilindro neumático CV			
Compresores 1,5 HP			
Diafragma de bomba			
Disco de embrague			
Micro swith WL18-2P135			
Motor eléctrico			
Portavinchas			

Resistencia de 2500 W	
Rodamientos 362006BTN	
Rodamientos 6305-2R51	
Rodillo de acero	
Rodillos engomadores	
Rodillos recubiertos con teflón	
Sensor electrónico IX	
Sensores electrónicos S2	
Sist. hidráulico para absorbentes	
Sist. neumático para absorbentes	
Ventosas absorbentes	
EQUIPOS AUXILIARES	
DESCRIPCION	CAPACIDAD
Compresor de baja (4,5 HP)	150 Psi
Caldera (235°C)	32 Litros
INFORMACIÓN ADICIONAL	
Presión en sistema neumático.	
PILE STOP-FLIPPERS	55 70 psi
PINCH-ROOL DOWN	18 20 psi
PINCH-ROOL UP	32 36 psi
MAIN AIR GAUGE	70 85 psi
Electricidad	
Voltaje	230 voltios
Amperaje	50 amperios
Cycles	60
Phase	3

FIGURA 4.2. DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA CRATHERN

2. Análisis de criticidad del equipo

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, partes y equipos, creando una estructura que facilite la toma de decisiones, siendo estas, acertadas y efectivas; direccionando esfuerzos y recursos en equipos donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.[2]

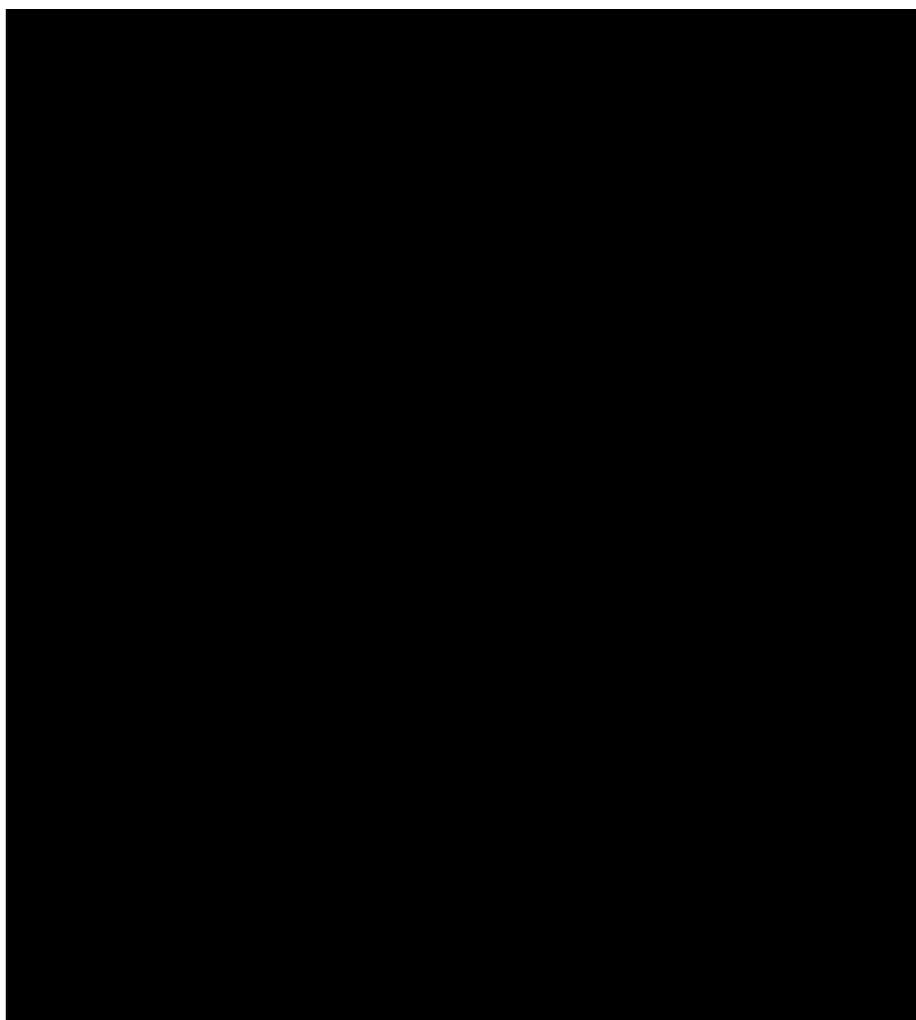
Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\textbf{Criticidad = Frecuencia x Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

En función de lo que se expone en el párrafo anterior, para realizar un análisis de criticidad se establecen como criterios fundamentales los siguientes: ver Tabla 16.

TABLA 16
CRITERIOS DE CRÍTICIDAD



Basándose en los criterios de criticidad expuestos anteriormente, se realiza el análisis de criticidad para las partes que componen la máquina CRATHERN, de esta manera se determina cuáles son los elementos relevantes, con la finalidad de priorizarlos y tomar acciones eficaces en el plan de mantenimiento a ejecutar.

La información de los resultados del análisis se muestra en la Tabla 17.

**TABLA 17
ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

Elementos de la máquina CRATHERN	Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Criticidad
ENGOMADORA	Calificación						
Rodillos engomadores	2	4	2	1	1	10	20
Rodamientos 6305-2R51	2	10	4	1	0	41	82
Chumaceras 63008-2RS1	3	10	4	1	0	41	123
Rodillo de acero	1	10	2	1	4	25	25
Rodillo recubierto	3	4	4	1	0	17	51
Portavinchas	4	4	1	1	0	5	20
Botellas neumáticas 1	3	10	4	1	1	42	126
Ventosa	4	10	4	1	0	41	164
Escobillas	1	1	1	1	0	2	2
ACOPLADORA	Calificación						
Diafragma de bomba	4	10	4	1	4	45	180
Cilindro neumático	1	10	2	1	0	21	21
Motor eléctrico	2	2	1	1	0	3	6
Banda transportadora	2	10	4	1	4	45	90
Bombas de succión	2	2	2	1	0	5	10
Compresores	1	4	2	1	0	9	9
Resistencia de 2500 W	4	4	4	1	0	17	68
Chumaceras BCE 25KRRB	2	10	1	1	0	11	22
Ventosas absorbentes	4	10	4	1	0	41	164
Sensores electrónicos	2	4	2	1	1	10	20
Sist. neumático para absorbentes	3	6	4	1	1	26	78
Sist. hidráulico para absorbentes	3	6	4	1	2	27	81
PRENSA	Calificación						
Rodillos recubiertos con teflón	3	4	2	1	0	9	27
Escobillas	1	1	1	1	0	2	2
Bandas de transmisión	1	1	2	1	0	3	3
Banda giratoria	4	4	2	1	1	10	40
Arandelas recubiertas de caucho	2	2	1	1	0	3	6
Rodamientos 362006BTN	3	10	4	1	0	41	123
Sensor electrónico IX	3	2	1	1	0	3	9
Botella neumática 3	3	4	2	1	1	10	30
Micro swith WL18-2P135	1	1	1	1	0	2	2
Chumacera BCE 25KRRB	2	6	4	1	0	25	50
Compresor de baja	1	10	4	1	4	45	45
Disco de embrague	1	6	4	1	4	29	29

Después de realizar la ponderación de acuerdo a los criterios anotados en tablas anteriores, se elabora la matriz de criticidad de las respectivas partes y elementos, la cual se divide en; no crítico, semi crítico, crítico y muy crítico. Esta diferenciación de criticidad depende del resultado obtenido de cada elemento de la máquina.

En la Tabla 18 se muestra el estado de criticidad de acuerdo al valor obtenido en el análisis.

**TABLA 18
ESTADO DE CRITICIDAD**

FRECUENCIA	4	Semi Crítico 41	Crítico 80	Crítico 120	Muy Crítico 160	Muy Crítico 200
	3	Semi Crítico 30	Semi Crítico 60	Crítico 90	Muy Crítico 121	Muy Crítico 150
	2	No Crítico 20	No Crítico 40	Semi Crítico 60	Crítico 80	Crítico 100
	1	No Crítico 10	No Crítico 20	Semi Crítico 30	Semi Crítico 40	Crítico 50
		10	20	30	40	50
CONSECUENCIAS						

En la Tabla 19, se identifica el estado de criticidad de cada pieza que compone la máquina, esta clasificación está sustentada en el análisis que se realiza en la Tabla 18.

**TABLA 19
MATRIZ DE CRITICIDAD**

Elementos de la máquina CRATHERN	Estado Crítico			
	No Crítico	Semi Crítico	Crítico	Muy Crítico
ENGOMADORA				
Rodillos engomadores	x			
Rodamientos 6305-2R51			x	
Chumaceras 63008-2RS1				x
Rodillo de acero	x			
Rodillo recubierto		x		
Portavinchas	x			
Botellas neumáticas 1				x
Ventosa				x
Escobillas	x			
ACOPLADORA				
Diafragma de bomba				x
Cilindro neumático		x		
Motor eléctrico	x			
Banda transportadora			x	
Bombas de succión	x			
Compresores	x			
Resistencia de 2500 W			x	
Chumaceras BCE 25KRRB		x		
Ventosas absorbentes				x
Sensores electrónicos	x			
Sist. neumático para absorbentes			x	
Sist. hidráulico para absorbentes			x	
PRENSA				
Rodillos recubiertos con teflón		x		
Escobillas	x			
Bandas de transmisión	x			
Banda giratoria			x	
Arandelas recubiertas de caucho	x			
Rodamientos 362006BTN				x
Sensor electrónico IX	x			
Botella neumática 3		x		
Micro swith WL18-2P135	x			
Chumacera BCE 25KRRB		x		
Compresor de baja		x		
Disco de embrague		x		

3. Determinar el tiempo de vida útil de los elementos del equipo

Basándose en el análisis de criticidad que se expone en el proceso anterior, se identifica las piezas críticas del equipo, con el propósito de priorizar estos elementos en el plan de mantenimiento preventivo, puesto que si estos componentes fallan durante el funcionamiento de la máquina, representan un impacto considerable en el proceso de producción dando paso a la realización de mantenimientos correctivos, el cual se minimizar y de ser posible eliminar.

Como se observa en la Tabla 20 se presentan aquellos elementos que se identifican como críticos de acuerdo al análisis.

**TABLA 20
PIEZAS CRÍTICAS DEL EQUIPO**

Nomenclatura		Descripción		Nomenclatura		Descripción	
A		Banda giratoria		G		Rodamiento 6305-2R51	
B		Banda transportadora		H		Rodamientos 362006BTN	
C		Botellas neumáticas		I		Sist. hidráulico para absorbentes	
D		Chumacera BCE 25KRRB		J		Sist. neumático para absorbentes	
E		Chumaceras 63008-2RS1		K		Ventosas absorbentes	
F		Diafragma de bomba		L		Resistencia de 2500 W	
FRECUENCIA	4		G,I,J,L	A	F,K		
	3			B,D	C,E,H		
	2						
	1						
		10	20	30	40	50	
CONSECUENCIAS							

Mediante la utilización de la herramienta estadística de “Weibull”, herramienta que ayuda a determinar la confiabilidad del equipo basándose en su historial de fallas, se procede a pronosticar el tiempo de vida útil de las piezas críticas previamente identificadas.

En la Tabla 21 se observa el resumen de resultados de este análisis, mientras que el procedimiento e información con la que se trabaja se expone del Apéndice B al M.

TABLA 21
CONFIABILIDAD DE LOS ELEMENTOS CRÍTICOS DEL EQUIPO

#	Elementos	Nivel de confianza	Parámetros estadísticos		Confiabilidad del elemento (días)
			η	β	
1	Rodamiento 6305-2R51	90%	89	5	57
2	Banda transportadora	90%	30	5	20
3	Resistencia eléctrica	90%	78	5	51
4	Sist. neumático para absorbentes	90%	119	5	85
5	Sist. hidráulico para absorbentes	90%	105	5	71
6	Bandas giratoria	90%	60	5	40
7	Chumacera BCE 25KRRB	90%	115	5	87
8	Chumacera 63008-2RS1	90%	146	5	98
9	Botellas neumáticas	90%	143	5	101
10	Diafragma de bomba	90%	21	5	14
11	Ventosas absorbentes	90%	6	5	6
12	Rodamientos 362006BTN	90%	89	5	58

Los parámetros estadísticos η y β , representan los días hasta que se produce la falla y un factor de multiplicación respectivamente los mismos que se obtienen a partir de la gráfica de Weibull cuando la probabilidad de falla es igual a 63.2 %.

4. Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo es aquel que se refiere a acciones, tales como; Reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc. Hechas en períodos de tiempos por calendario o uso de los equipos [4]

Para que el mantenimiento preventivo obtenga resultados de manera eficiente, debe cumplirse con lo programado y trabajar de forma conjunta, buscando el beneficio del equipo y de la empresa; para llevar esto a cabo se ve la necesidad de dividir el plan de mantenimiento de la máquina en:

- Plan de mantenimiento de la máquina CRATHERN.
- Plan de mantenimiento de equipos auxiliares.

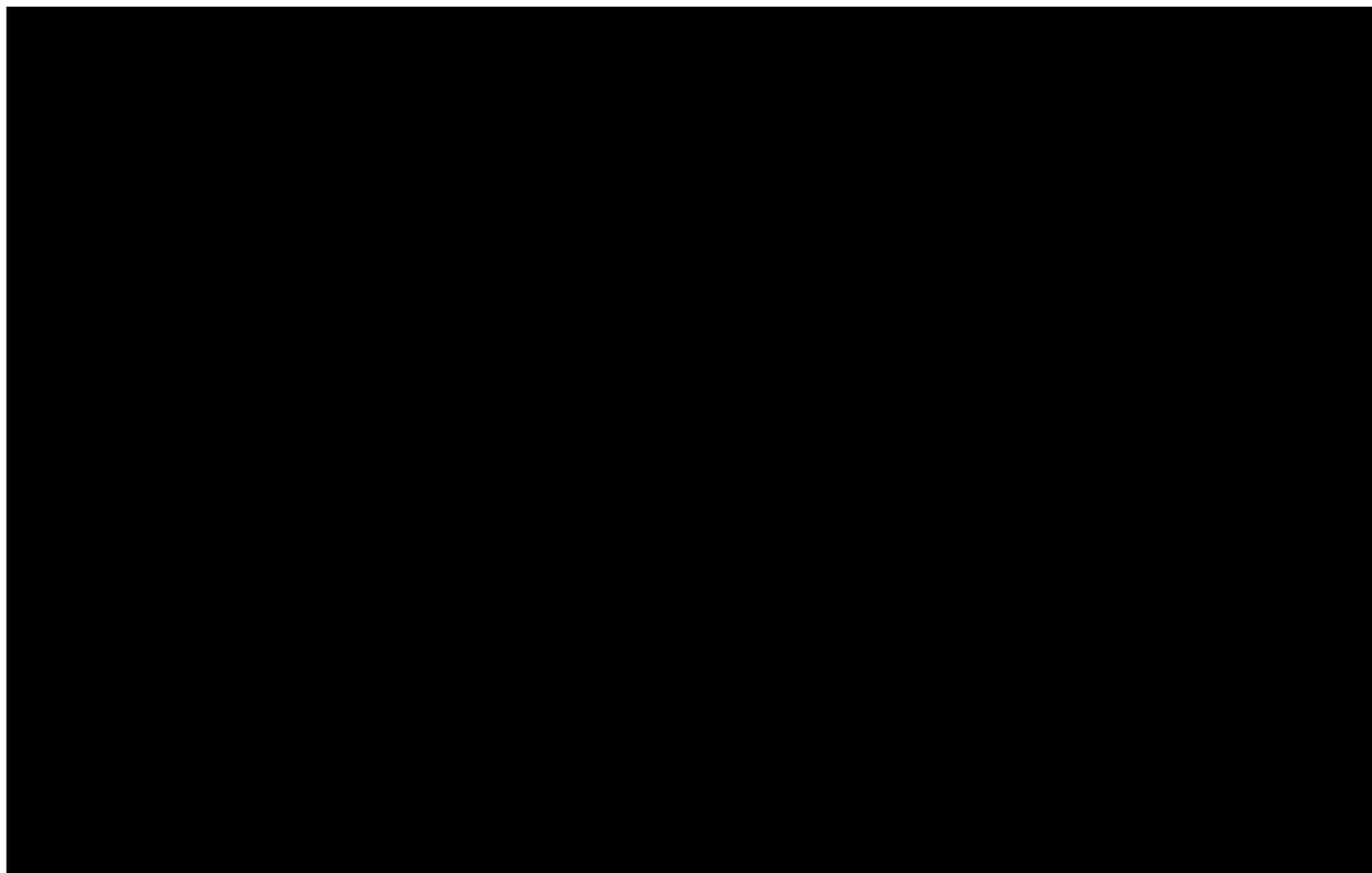
Plan de mantenimiento de la máquina CRATHERN

Cuando se diseña un plan de mantenimiento preventivo, se debe tener en cuenta todas las partes que puedan afectar el perfecto funcionamiento del equipo.

El plan de mantenimiento preventivo permite controlar y reparar el equipo de forma sistemática, combinando la frecuencia del mantenimiento, esto quiere decir; los intervalos de tiempo entre una revisión y otra. Estos intervalos pueden ser; diarios, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales.

Mediante la realización de análisis de fallas se determinan partes que pueden ser especialmente propensos a desgastes y a ocasionar fallas que pueden reducir la eficiencia del equipo a través del tiempo. En la Tabla 22 se presenta el plan de mantenimiento preventivo, el cual está clasificado en: mecánico y eléctrico, con la finalidad de responsabilizar al personal encargado para cada tipo de mantenimiento.

TABLA 22
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



Plan de acciones

Es importante ser específico con las actividades que se llevan a cabo y contar con registros de aquello, como así también conocer quiénes son los ejecutores de dicha actividad.

En la Tabla 23 se presentan las acciones a tomar para cada ítem durante el mantenimiento preventivo.

**TABLA 23
PLAN DE ACCIONES**

PLAN DE ACCIONES PARA MÀQUINA CRATHERN			
Nº	Pieza a inspeccionar	Actividades a realizar	Responsable
Mantenimiento Mecánico			
1	Arandelas recubiertas	Revisar el recubrimiento plástico, en caso de presentar desgaste enviar a taller para rectificar	MM/OP
2	Bandas de transmisión	Inspeccionar estado de la banda, si presenta fisuras, reemplazar por banda nueva.	MM/OP
3	Bandas giratorias	Reajustar pernos que sujetan la base de la banda.	MM/OP
4	Bandas transportadora	Tensionar la banda transportadora, girando el tornillo en la esquina de la base	OP
5	Botellas neumáticas	Comprobar si existe fugas de aire, si existe fuga cambiar caucho ring de la botella	MM/OP
6	Chumacera BCE 25KRRB	Aplicar grasa 3 a de 5 pulsadas con la pistola engrasadora	MM/OP
7	Chumaceras 63008-2RS1	Aplicar grasa de 3 a 5 pulsadas con la pistola engrasadora	MM/OP
10	Diafragma de bomba	Cambiar diafragma en caso de presentar fuga de goma	MM/OP
11	Disco de embrague	Reemplazar si es necesario	MM/OP
12	Escobillas	Desarmar, verificar y limpiar	OP
14	Portavinchas	Reajustar pernos .	OP
15	Rodamiento 6305-2R51	Revisar cabeceo en las puntas del eje, cambiar de ser necesario y aplicar 3 a 5 pulsadas de grasa	MM/OP
16	Rodamientos 362006BTN	Revisar cabeceo en las puntas del eje, cambiar de ser necesario y aplicar 3 a 5 pulsadas de grasa	MM/OP
17	Rodillo de acero	Inspeccionar que no exista fisuras	MM/OP
19	Rodillos engomadores	Cepillar con disco de alambre retirando material sólido	MM/OP
20	Rodillos recubiertos con teflón	Revisar el recubrimiento de teflón, en caso de haber desgaste enviar a rectificar	MM/OP
21	Sistema hidraulico para absorbentes	Cambiar aceite, usar aceite SAE 10	OP
22	Sistema neumático para absorbentes	Revisar fugas en neplos y conexiones.	OP
23	Indicadores neumáticos	Comprobar que no esten rotos, y vibración en la aguja	OP
25	Ventosas absorbentes	Reemplazar si es necesario	OP
Mantenimiento Eléctrico			
26	Motor eléctrico	Desarmar, verificar y limpiar	ME
27	Motor de bomba de succión	Desarmar, verificar y limpiar	ME
28	Resistencia de 2500 W	Comprobar la resistencia con un amperímetro	ME
29	Sensores electrónicos	Reemplazar si es necesario	ME
30	Micro swith WL18-2P135	Reemplazar si es necesario	ME

Cronograma de mantenimiento

Conociendo la frecuencia y las actividades a realizar durante el mantenimiento preventivo se procede a diseñar el cronograma de mantenimiento, donde el cronograma es la programación específica de las actividades de mantenimiento en el tiempo.

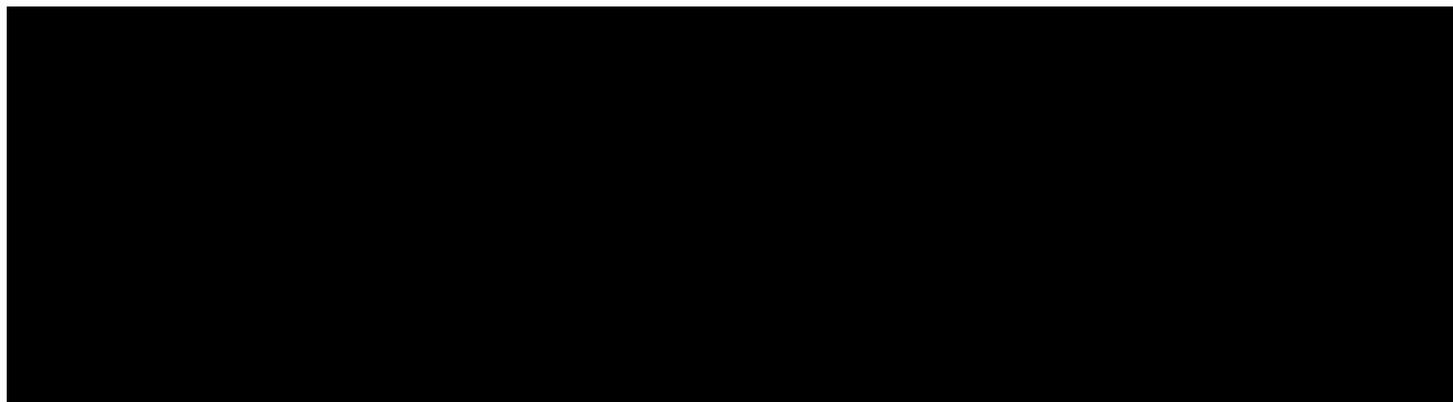
En la Tabla 24 se observa el cronograma de mantenimiento preventivo el cual consta de actividades y sub actividades a ejecutar con sus respectivos responsables.

Plan de mantenimiento de equipos auxiliares

Los equipos auxiliares son aquellos que complementan el funcionamiento de la máquina, por tal motivo es indispensable planificar su adecuado mantenimiento.

En la Tabla 25 se observa el plan de mantenimiento para equipos auxiliares de la máquina CRATHERN.

TABLA 25
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS AUXILIARES



Diseño del formato “Check List” para el equipo

Un check list es una lista de comprobación que se utiliza para compensar las debilidades de la memoria humana y de esta manera ayudar a asegurar la consistencia de una labor y así mismo certificar que se realice de manera completa una tarea[6]. Dicho esto, es necesario que el equipo cuente con su respectiva lista de chequeo de partes que las compone, esta lista permite conocer el estado en que se encuentran trabajando los diferentes elementos del equipo.

Para ejecutar el chequeo es necesario realizar la combinación de: máquina en movimiento y máquina inactiva.

Cuando la máquina esta en movimiento se puede realizar la verificación de partes que muestran señal de avería o irregularidad mientras están funcionando. Cabe recalcar que este tipo de chequeo representa un riesgo debido a que la máquina está en marcha.

Un chequeo más exhaustivo se lo realiza cuando el equipo no esté operando, debido a que la persona encargada de la verificación tiene acceso de manera segura a todos los ítems a revisar.

En la Figura 4.3 se observa el formato de los ítems a verificar por el operador, además se consideran las partes críticas obtenidas del análisis de criticidad, y los elementos del equipo que generan paras no programadas durante la producción.

CHECK LIST CRATHERN					M - 002
Fecha:		Operario:		Máquina: CRATHERN	
Estado					
Bueno:	B	Malo:	M	Regular:	R
Lubricación y limpieza				CHECK	
Limpieza general del equipo					
Chumaceras					
Caja de engranaje					
Nivel de aceite de absorbentes					
Revisión de mangueras					
ítems a revisar					
Engomadora					
Tensión en banda transportadora					
Reservorio de goma					
Panel eléctrico					
Ventosas atrapa papel					
Manómetros					
Acopladora					
Ventosas atrapa papel					
Sensores					
Ventosa de caldera					
Motores eléctricos					
Caldera y mangueras					
Prensa					
Arandelas					
Rodillos presionadores					
Escobillas					
Botella neumática					
Banda inferior					
OBSERVACIONES					
Ejecutado por		Jefe de mantenimiento		Supervisor	

FIGURA 4.3. FORMATO CHECK LIST

El formato de check list de la figura 4.3 consta de cuatro secciones:

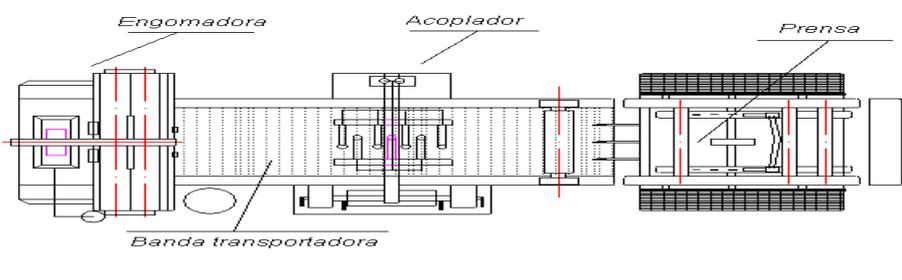
La primera sección es donde se registran datos como: Fecha, operador encargado a realizar la inspección. La segunda sección es del estado general del equipo, en cuanto a limpieza, lubricación, niveles de aceite y de verificación de mangueras neumáticas e hidráulicas. La tercer sección del formato consta de los elementos a revisar por cada parte que compone la CRATHERN, en donde, de acuerdo al estado de estos elementos el operario califica con la letra B (bueno) cuando las piezas estén en óptimas condiciones de trabajo, se califica con la letra R (regular), cuando los elementos de la máquina presenten indicios de avería, y se califica con la letra M (malo) al momento que el operario compruebe el mal estado de la pieza para trabajar. La última sección cuenta con un espacio en blanco para que la persona encargada de la revisión redacte alguna observación acerca del equipo para que sea considerada por el personal de mantenimiento.

5. Procedimiento para mantenimiento preventivo.

El procedimiento de mantenimiento preventivo se define como el conjunto de acciones y tareas que se realizan a un equipo para ayudar a optimizar su funcionamiento y prevenir fallos, prolongando así su tiempo de vida útil.

Partiendo del cronograma de mantenimiento, estas acciones y tareas se sintetizan en una serie de pasos que se observan en las siguientes tablas:

TABLA 26
INSTRUCTIVO PARA LIMPIEZA GENERAL

INSTRUCTIVO PARA LIMPIEZA GENERAL DEL EQUIPO				
EQUIPO:		CRATHERN		
ELABORADO POR:		Damián Pazmiño , Andrés Zamora		
 <p>El diagrama muestra un sistema de procesamiento de goma. Desde izquierda a derecha, se encuentran: una 'Engomadora' (máquina de extrusión), una 'Banda transportadora' (cinta que mueve el material), un 'Acoplador' (unión entre secciones), y una 'Prensa' (máquina de laminación). Se indican líneas rojas que representan el flujo de material o puntos de limpieza.</p>				
#	Operación	Herramientas y Materiales	Observaciones	Encargado
1	Apagar equipo		Suspender fluido eléctrico	Operario
2	Retirar reservorio de goma	Juego de herramientas	Vaciar reservorio	operario
3	Limpiar engomadora	Waípe, brocha y disolvente.	Precaución de no averiar rodillos	Operario
4	Limpiar banda transportadora	Waípe, brocha y disolvente.	Secar inmediatamente	Operario
5	Limpiar acopladora	Waípe, brocha y disolvente.	No tocar sensores electrónicos	Operario
6	Limpiar prensa	Waípe, brocha y disolvente.	No tocar sensores electrónicos	Operario
7	Instalar reservorio de goma	Juego de llaves	Fijar abrazaderas de mangueras	Operario
8	Conectar el equipo			Operario

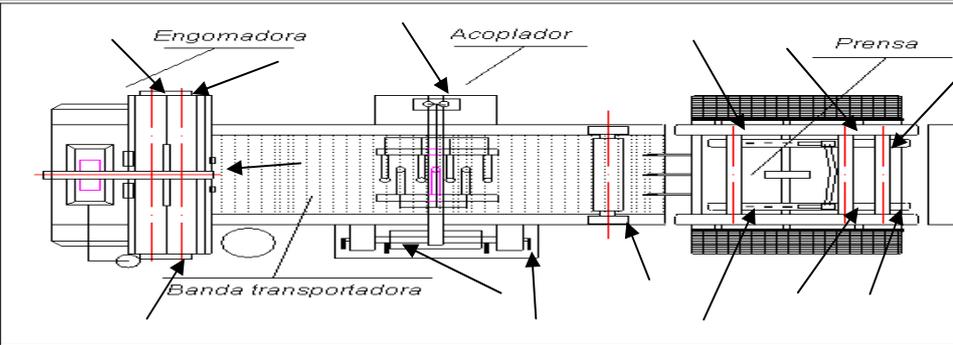
**TABLA 27
INSTRUCTIVO PARA CAMBIO DE RODAMIENTO DE EJES**

INSTRUCTIVO PARA CAMBIO DE RODAMIENTOS DE EJES				
EQUIPO:			CRATHERN	
ELABORADO POR:			Damián Pazmiño , Andrés Zamora	
				
#	Operación	Herramientas y Materiales	Observaciones	Encargado
1	Apagar equipo		Suspender fluido eléctrico	Operario
2	Quitar pernos de sujeción de la base	Juego de herramientas	Limpiar antes de proceder	Mant. Mecánico / Op
3	Desmontar rodamiento del eje	Extractor Santiago	Colocar correctamente el extractor	Mant. Mecánico / Op
4	Colocar rodamiento nuevo en la base	Martillo de goma	Golpear con precaución	Mant. Mecánico / Op
5	Ensamblar rodamiento con el eje	Martillo de goma	Golpear con precaución	Mant. Mecánico / Op
6	Ajustar pernos de sujeción	Juego de herramientas	No exceder en el torque al ajustar	Mant. Mecánico / Op
7	Verificar		Revisar que no exista fuga	Mant. Mecánico / Op
8	Conectar el equipo			Operario

**TABLA 28
INSTRUCTIVO PARA REVISIÓN DE MOTOR ELÉCTRICO**

INSTRUCTIVO PARA REVISIÓN DE MOTOR ELÉCTRICO				
EQUIPO:			CRATHERN	
ELABORADO POR:			Damián Pazmiño , Andrés Zamora	
				
#	Operación	Herramientas y Materiales	Observaciones	Encargado
1	Apagar equipo		Suspender fluido eléctrico	Operario
2	Retirar la banda de la polea	Juego de herramientas		Mant. Eléctrico / Op
3	Desmontar la tapa del motor	Juego de herramientas		Mant. Eléctrico / Op
4	Verificar carbones		Reemplazar de ser necesario	Mant. Eléctrico / Op
5	Limpiar bobina	Brocha	No mojar	Mant. Eléctrico / Op
6	Revisar rodamientos		Cambiar de ser necesario	Mant. Mecánico / Op
7	Ensamblar motor	Juego de herramientas		Mant. Eléctrico / Op
8	Colocar banda	Juego de herramientas	Tensionar la banda	Operario

**TABLA 29
INSTRUCTIVO PARA LUBRICACIÓN GENERAL**

INSTRUCTIVO PARA LUBRICACIÓN GENERAL DEL EQUIPO				
EQUIPO:		CRATHERN		
ELABORADO POR:		Damián Pazmiño , Andrés Zamora		
 <p>El diagrama muestra un sistema mecánico con cuatro componentes principales etiquetados: 'Engomadora' a la izquierda, 'Acoplador' en el centro, 'Prensa' a la derecha y 'Banda transportadora' que recorre la parte inferior del sistema. Se muestran flechas que indican el flujo de material y conexiones mecánicas.</p>				
#	Operación	Herramientas y Materiales	Observaciones	Encargado
1	Apagar equipo		Suspender fluido eléctrico	Operario
2	Limpiar	Waipe	Limpiar el área antes de aplicar grasa	Operario
3	Aplicar grasa	Bomba engrasadora / grasa beacon EP2	Aplicar de 2 a 3 pulsadas para cada item	Operario
4	Verificar nivel de aceite en caja de engranaje y Sist. Hidráulico	Aceite SAE 10 / SAE 140	Completar nivel de aceite en caso de ser necesario	Operario

6. Elaborar plan de mantenimiento autónomo

En el análisis de condiciones iniciales que se detalla en el capítulo 3, en donde se menciona las falencias del departamento de mantenimiento, se debe a la falta de comunicación y coordinación entre los departamentos de producción y compras.

Por tal motivo se diseña un proceso de mejora, el mismo que relaciona a gerentes de cada área y a operadores como base del mantenimiento autónomo.

En la Figura 4.4 se observa el proceso a ejecutar en el departamento de mantenimiento.

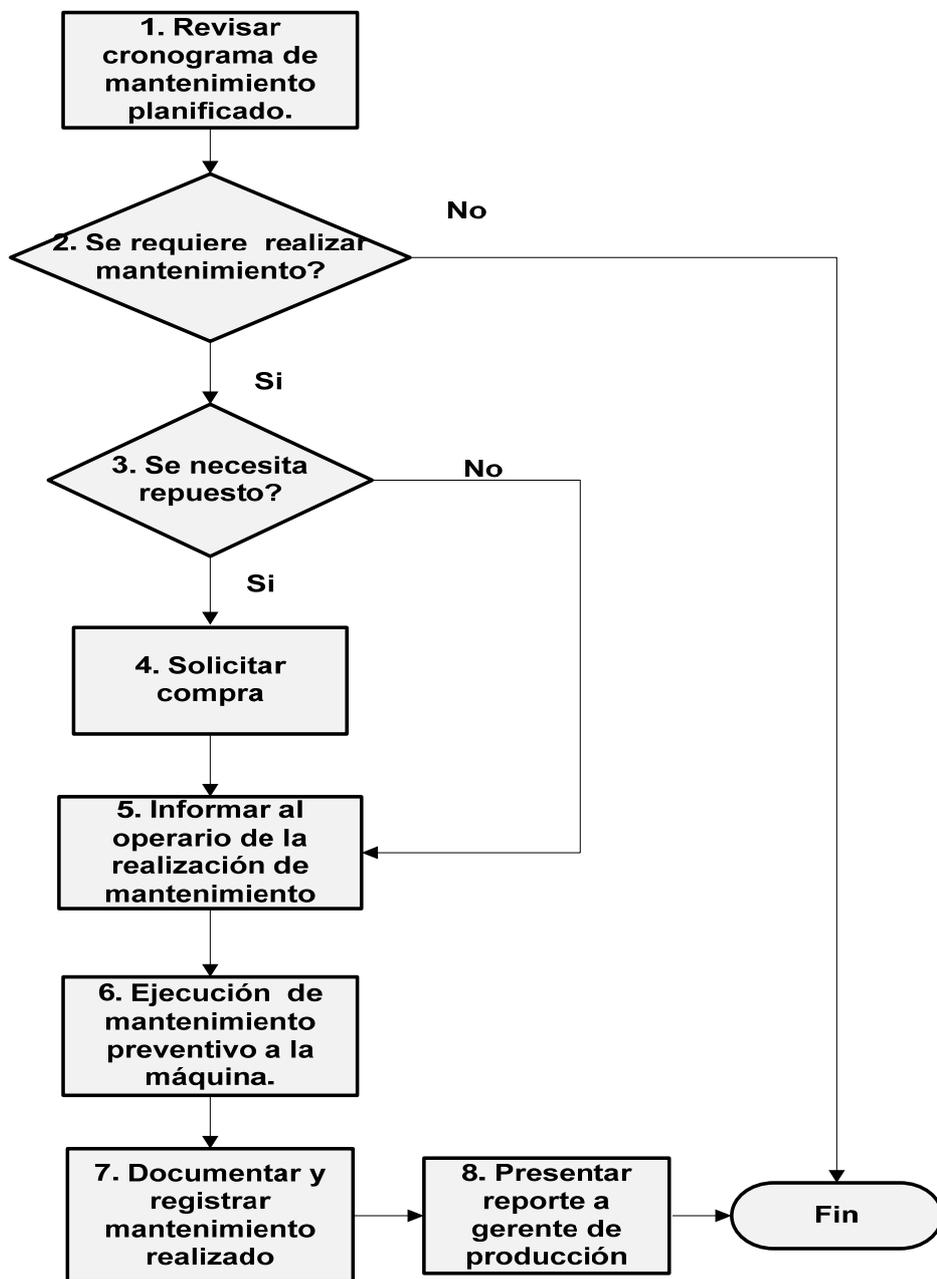
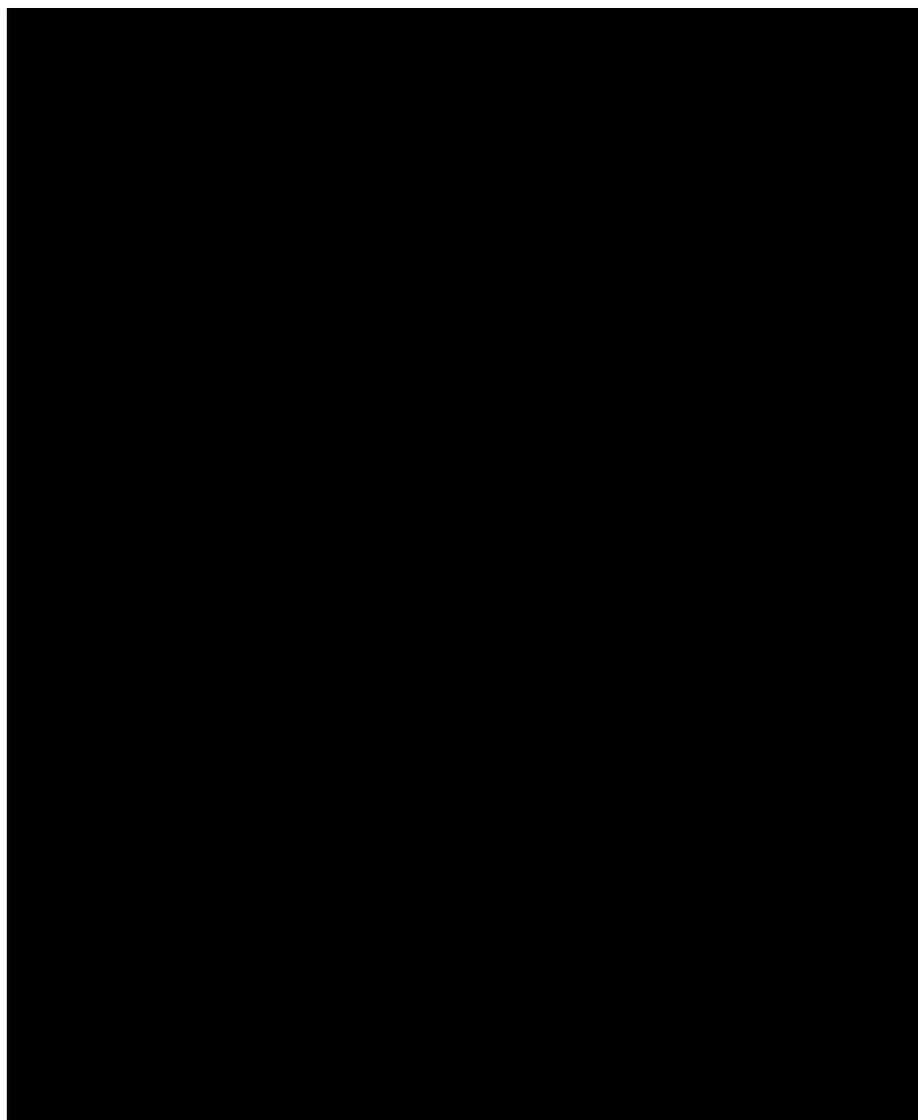


FIGURA 4.4 PROCESO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Formato de reporte de mantenimiento preventivo

Una vez que se culmina la ejecución del mantenimiento preventivo a la máquina CRATHERN, los encargados de llevar a cabo dicha tarea, tienen la responsabilidad de generar el informe respectivo, con la finalidad de registrar y controlar las actividades que se realizan.

En la Figura 4.5 se muestra el formato para reportar la ejecución de mantenimiento preventivo a la máquina CRATHERN.



**FIGURA 4.5 FORMATO DE REPORTE PARA
MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El formato de reporte de mantenimiento preventivo presenta información del equipo, fecha programada para la realización del mantenimiento y la fecha en la que se realiza, la descripción del mantenimiento además de los repuestos y materiales utilizados, este reporte también cuenta con un espacio en blanco en donde el responsable de realizar el mantenimiento anota las observaciones necesarias con la finalidad de hallar las posibles causas de problemas encontrados.

7. Establecer indicadores de control para la gestión de mantenimiento

Para asegurar el correcto funcionamiento y la eficacia del plan de mantenimiento, es importante la utilización de indicadores de control, los cuales sirven para controlar de una manera óptima la gestión del mantenimiento y poder tomar acciones de mejora en el futuro.

Los indicadores de control para el departamento de mantenimiento se muestran en la Tabla 30. Cada indicador contiene su respectivo nombre y fórmula, además de la periodicidad de control.

TABLA 30
INDICADORES DE CONTROL

INDICADOR	FÒRMULA	TIEMPO
<i>Eficiencia global del equipo (OEE)</i>	<i>%Disponibilidad * %Rendimiento * %Calidad</i>	<i>Mensual</i>
<i>Tiempo medio entre fallas</i>	$\frac{TO \text{ (tiempo de operación)}}{NF \text{ (número de paradas)}}$	<i>Mensual</i>
<i>Cumplimiento del mantenimiento</i>	$\frac{\# \text{ de mant. preventivos realizados}}{\# \text{ total de mantenimiento programados}} \times 100$	<i>Trimestral</i>
<i>Trabajo en mantenimiento correctivo</i>	$\frac{\text{horas hombre gastadas en reparación}}{\text{horas hombre disponible}} \times 100$	<i>Mensual</i>
<i>Disponibilidad del equipo</i>	$\frac{\text{Tiempo de Operación}}{\text{Tiempo de Operación} + \text{Tiempo de Parada}} \times 100$	<i>Diario</i>

Una vez que se establece los indicadores, se procede a definir metas para cada uno de ellos.

En la Tabla 31 se presenta las metas propuestas para cada indicador, además de la semaforización de los mismos, que permita advertir del estado en la que se encuentre dicho control, para así tomar medidas correspondientes de mejora.

TABLA 31
SEMAFORIZACIÓN DE INDICADORES

INDICADOR	META	BUENO	REGULAR	MALO
<i>Eficiencia global del equipo (OEE)</i>	90 %	Entre 75% y 90%	Entre 65% y 75%	< 65%
<i>Tiempo medio entre fallas</i>	6 Días	>= 6 Días	entre 3 y 5 días	< 3 días
<i>Cumplimiento del mantenimiento</i>	95%	>= 90%	Entre 75 % y 90 %	< 75%
<i>Trabajo en mantenimiento correctivo</i>	5 %	< 5%	Entre 5% y 10%	>10%
<i>Disponibilidad del equipo</i>	95 %	>=95%	Entre 75 % y 95 %	< 75%

De acuerdo al estado de cada indicador, se realizan acciones respecto al valor en el que se encuentre el mismo. Las acciones a tomar se detallan en la Tabla 32.

TABLA 32
ACCIONES A TOMAR EN CADA ESTADO DEL INDICADOR

INDICADOR	BUENO	REGULAR	MALO
<i>Eficiencia global del equipo (OEE)</i>	Mantener la gestión realizada	Revisar los índices y controlar variabilidad	Tomar acciones correctivas en índice problema
<i>Tiempo medio entre fallas</i>	Mantener la gestión realizada	Supervisar el mantenimiento que se realiza al equipo	Identificar causas de falla
<i>Cumplimiento del mantenimiento</i>	Mantener la gestión realizada	Supervisar el cumplimiento del mantenimiento programado	Revisar los motivos por los cuales no se cumple el programa de mantenimiento
<i>Trabajo en mantenimiento correctivo</i>	Mantener la gestión realizada	Supervisar la realización del mantenimiento	Revisar el proceso de mantenimiento
<i>Disponibilidad del equipo</i>	Mantener la gestión realizada	Mejorar el procedimiento de mantenimiento	Controlar que el mantenimiento se realice según lo programado

Análisis de indicadores de la empresa

Siguiendo con el proceso de mejora, es importante realizar el seguimiento de la gestión de mantenimiento a través de los indicadores propuestos en el proyecto. En la Tabla 33 se observa el análisis comparativo de los indicadores del proceso de elaboración de folder archivador antes del lanzamiento del proyecto y durante su implementación.

**TABLA 33
COMPARACIÓN DE INDICADORES**

INDICADOR	ANTES	DESPUÉS	META	TIEMPO
<i>Eficiencia global del equipo (OEE)</i>	58%	71%	90%	Mensual
<i>Tiempo medio entre fallas</i>	2 días	4 días	6 días	Mensual
<i>Cumplimiento del mantenimiento</i>	N/A	90%	95%	Trimestral
<i>Trabajo en mantenimiento correctivo</i>	13%	9%	5%	Mensual
<i>Disponibilidad del equipo</i>	74%	80%	>95%	Diario

En el análisis se observa que existe un cambio positivo en los indicadores de control del proceso de elaboración de folder archivador debido a la gestión que se realiza.

8. Propuesta del plan de capacitación

Una vez puesto en marcha el plan de mantenimiento es necesario dotar al personal de los conocimientos y habilidades necesarias para mantener con éxito el sistema implementado, por lo que se elabora un plan de capacitación acorde con los requerimientos de la organización. El plan de capacitación se observa en la Tabla 34.

TABLA 34
PLAN DE CAPACITACIÓN

PLAN DE CAPACITACIÓN					
ELABORADO POR:			Damián Pazmiño , Andrés Zamora		
#	CAPACITACIÓN	TIEMPO	DIRIGIDO A	OBJETIVOS GENERALES	NÚMERO DE PARTICIPANTES
1	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	15 Horas	Gerente de Producción Jefe de Mantenimiento Operarios	Dar a conocer al personal involucrado de la importancia del TPM, como una herramienta para mejorar el desempeño de los equipos aumentando su productividad y alargando su tiempo de vida útil.	6
2	5's	12 Horas	Gerente de Producción Jefe de Mantenimiento Operarios	Crear una cultura de limpieza y organización en el lugar de trabajo para mantener un agradable ambiente de trabajo.	18
3	Indicadores de control	8 Horas	Gerente de Producción Jefe de Mantenimiento Operarios	Orientar a los involucrados a controlar y mantener en óptimos niveles los respectivos procesos de mejora.	6

4.2 Propuesta del plan de stock de repuesto

La etapa implementación del plan de stock de repuestos se ejecuta con el propósito de realizar un plan de mejora en la bodega de repuestos, y así obtener mayor espacio en ella, además de compensar la falta de un sistema de control de inventario.

De acuerdo a la cantidad en dólares de los repuestos almacenados por cada equipo, el costo más elevado lo presenta los repuestos de la máquina CRATHERN con un total de 8.176 dólares lo que significa dinero guardado sin movimiento dentro de la bodega de repuestos.

Basándose en el análisis de criticidad, se propone una lista de repuestos compuesta por las piezas principales y las consideradas críticas en el equipo. La información de los repuestos se presenta en la Tabla 35.

**TABLA 35
PROPUESTA DE STOCK DE REPUESTOS**

STOCK DE REPUESTOS				
Nro.	NOMBRE	\$ /Unidad	CANTIDAD	TOTAL \$
	ENGOMADORA			
IU-002	Rodillos engomadores	160,00	1	160,00
IU-003	Rodamiento	12,00	2	24,00
IU-004	Chumaceras	40,00	1	40,00
IU-005	Rodillo de acero	120,00	1	120,00
IU-006	Rodillo recubierto	160,00	1	160,00
IU-007	Portavinchas	15,00	1	15,00
IU-008	Botellas neumaticas	35,00	1	35,00
IU-009	Ventoza	5,00	4	20,00
IU-010	Escobillas	13,00	3	39,00
	ACOPLADORA			
IU-012	Diafragma de bomba	15,00	2	30,00
IU-013	Cilindro neumatico	150,00	1	150,00
IU-014	Motor electrico	120,00	1	120,00
IU-015	Bandas transportadora	300,00	1	300,00
IU-016	Bombas de succion	60,00	1	60,00
IU-017	Compresores	160,00	1	160,00
IU-018	Resistencia	100,00	1	100,00
IU-020	Chumaceras	40,00	1	40,00
IU-021	Ventozas absorbentes	5,00	3	15,00
IU-022	Sensores	40,00	1	40,00
IU-023	Sist. neumatico para absorbentes	60,00	2	120,00
IU-024	Sist. hidraulico para absorbentes	60,00	2	120,00
IU-025	PRENSA			
IU-026	Rodillos recubiertos con teflon	180,00	1	180,00
IU-027	Escobillas	13,00	1	13,00
IU-028	Bandas de transmision	10,00	2	20,00
IU-029	Bandas de doblado	10,00	2	20,00
IU-030	Arandelas recubiertas	5,00	3	15,00
IU-031	Rodamientos	10,00	2	20,00
IU-032	Sensor	40,00	1	40,00
IU-033	Sistemas neumaticos	150,00	1	150,00
IU-034	Micro swith	18,00	2	36,00
IU-035	Chumacera	40,00	1	40,00
IU-036	Compresor de baja	180,00	1	180,00
IU-037	Disco de embrague	40,00	1	40,00
	TOTAL		50	2622,00

Tomando como base el valor total de los repuestos existentes actualmente en bodega, se realiza la comparación con el valor del stock de repuestos propuestos, esta comparación se muestra en la Tabla 36.

TABLA 36
COMPARACIÓN DE COSTOS DE REPUESTOS

DIFERENCIA DE COSTOS EN BODEGA		
COSTO ACTUAL	COSTO PROPUESTO	% REDUCCIÓN
\$ 8.176,00	\$ 2.622,00	67,93%

Control de stock de repuestos

Para mejorar el proceso de control en la bodega se propone los siguientes aspectos:

- Implementación de estanterías simples dentro de la bodega con la finalidad de diferenciar los niveles con el nombre del equipo al cual pertenece repuestos. Ver figura 4.6



FIGURA 4.6. UBICACIÓN DE ESTANTERIAS

- Identificación de repuestos por medio de codificación, esto ayudará a una exacta y rápida ubicación dentro de la Bodega. Ver figura 4.7



FIGURA 4.7. CODIFICACIÓN DE REPUESTOS

- Realizar el registro físico de la información de repuestos que ingresan y salen de la bodega. Ver figura 4.8



FIGURA 4.8. REGISTRO DE INFORMACIÓN

Información de proveedores

El proveedor principal es la casa fabricante del equipo la cual es la CRATHERN MACHINERY GROUP, INC. donde cuenta con tres sucursales alrededor del mundo, la información del proveedor se muestra en la Tabla 37.

TABLA 37
INFORMACIÓN DE PROVEDOR

Compañía	País	Dirección	Tipo de Proveedor
CRATHERN MACHINERY GROUP, INC.	USA	215 Canal Street Manchester, New Hampshire	Internacional
Sae Il Corporation	Korea	#302 Howon Bldg. 1550-8 Socho Dong	Internacional
DEKAPRINT SA	Argentina	Mariscal Sucre 1384-"A" 1428 Buenos Aires	Internacional

Además del proveedor internacional se cuenta con proveedores locales los mismo que se detallan a continuación, Ver Tabla 38

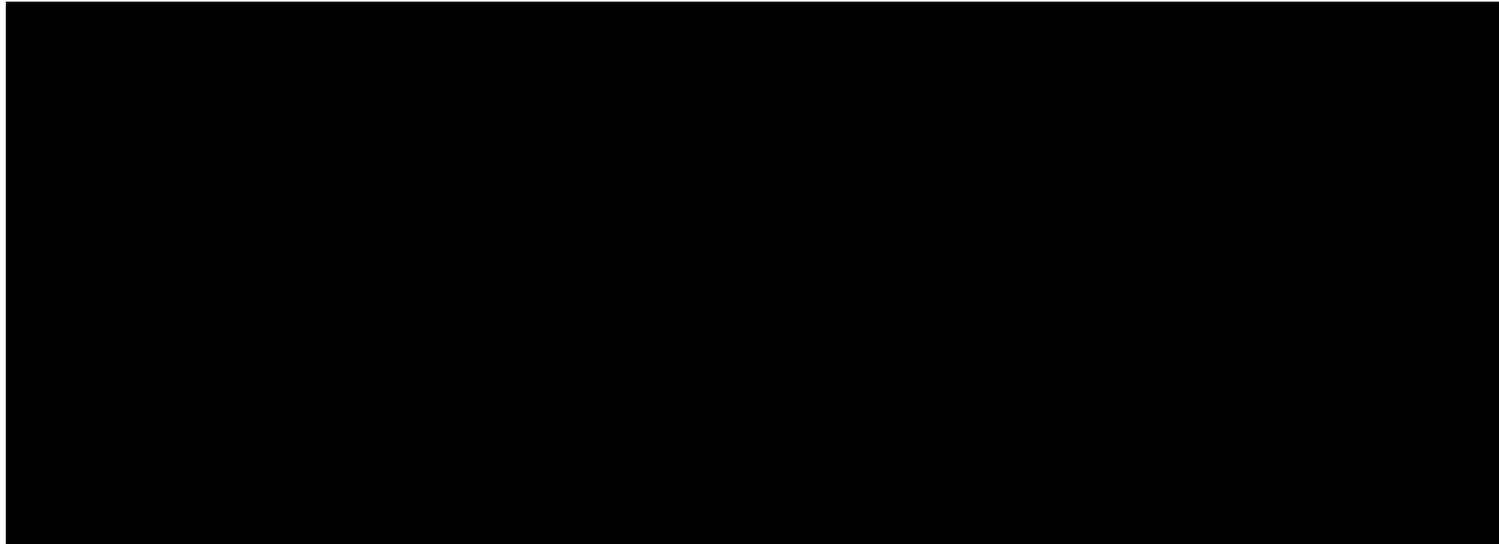
TABLA 38
PROVEEDORES LOCALES

Compañía	Localidad/ País	Dirección	Tipo de Proveedor
LH Henriques	Guayaquil/Ecuador	Av. Juan Tanca Marengo (esquina) s/n y Av. Rodrigo Chávez	Local
Hivimar	Guayaquil/Ecuador	Av. Juan Tanca Marengo Km 2 ½	Local
Talleres Industriales Herrera	Guayaquil/Ecuador	Alcedo 2310 y Victor Hugo Briones	Local

Finalmente, se encuentra el proveedor interno, quien es el encargado de conseguir repuestos o de reparar el elemento dentro de las instalaciones, teniendo como responsable al mecánico de turno.

Para un óptimo control de los repuestos de la máquina CRATHERN se plantea el siguiente formato descrito en la Tabla 39, el cual sirve de indicador y así poder determinar el historial de los repuestos.

TABLA 39
FORMATO DE HISTORIAL DE REPUESTOS



CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se identificó las condiciones iniciales del equipo, demostrando la necesidad de aplicar un procedimiento de mantenimiento preventivo para aumentar la eficiencia de la máquina CRATHERN, además de crear una cultura de cambio en la organización.

- Se determinó que la falta de comunicación entre los departamentos de producción, mantenimiento y de compras es una de las causas de las falencias encontradas en el proceso de elaboración del folder archivador, pues esta descoordinación impide la correcta gestión de abastecimiento de repuestos y la demora en las reparaciones a realizarse en el equipo.
- Con la elaboración del cronograma de mantenimiento preventivo se va a mantener en óptimas condiciones el estado mecánico, eléctrico y de lubricación general del equipo, alargando así la vida útil de la máquina y disminuyendo los tiempos improductivos por paradas no programadas.
- El análisis de criticidad fue fundamental para determinar la prioridad de mantenimiento de partes y equipos auxiliares, además jerarquizó ciertos elementos que generan un alto impacto en el funcionamiento del equipo.
- Se logró determinar el tiempo de vida útil de las partes y equipos auxiliares mediante la utilización de la distribución estadística de Weibull.

- Elaborando el plan de stock de repuestos se asegura la disponibilidad de los mismos para disminuir el tiempo de paradas programadas y no programadas, además la reducción de inventario muerto existente en bodega.
- Con la implementación de indicadores de control y su respectiva semaforización se puede monitorear todos los procesos, los mismos que van a ayudar a tomar decisiones al momento de observar desviaciones en los intervalos planteados. El nuevo porcentaje de OEE que se obtiene es del 71% el mismo que se encuentra en el rango aceptable debido a que se encuentra en un proceso de mejora.

5.2 Recomendaciones

- El procedimiento de mejora realizado en la máquina CRATHERN se debe aplicar en todas las máquinas de la empresa, pues los pasos establecidos para la mejora de los equipos son estandarizados.
- Se recomienda mejorar la comunicación entre los departamentos de la empresa y operarios, de esta manera se pueden conocer todos los problemas que se susciten en el equipo, y se tome acciones preventivas.
- Para mantener el curso del proyecto se debe seguir de manera ordenada y obligatoria los procedimientos, llenando los formatos correspondientes para llevar el control de los procesos.
- Para mejorar la gestión de mantenimiento es necesario capacitar al personal para que su participación sea en forma activa en este proceso y también habría que aplicar mecanismos de motivación.
- Se debe contratar asesoría externa para cumplir con el plan de capacitación del personal, de tal manera que se logre de una forma eficiente y eficaz los procesos propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] GARCIA R. "Ingeniería de Métodos". Segunda edición, Editorial MC. Graw Hill, México DF 2007
- [2] JORGE RODRÍGUEZ ARAUJO. "*Gestión del Mantenimiento*", Bogotá – Colombia 2008
- [3] PETER BELOHLAVEK "OEE Overall Equipment Effectiveness" USA 2007
- [4] ANDRES MUÑOZ MACHADO "La gestión de la calidad total" España 2002
- [5] FRANCISCO REY SACRISTAN " Las 5 S Orden y limpieza en el puesto de trabajo" Madrid – España 2005
- [6] MANCERA M. "Listas de chequeo". 2001
- [7] ABERNETHY R. "Fundamentos del Análisis de Weibull" 2008
- [8] "Indicadores de mantenimiento" www.mantenimientomundial.com 05,2010

- [9]** JUAN CARLOS DUARTE “Optimización del mantenimiento planeado”
Guayaquil – Ecuador 2010
- [10]** EDGARDO ESCALANTE “ Análisis y mejoramiento de la calidad”
Santiago – Chile 2005
- [11]** LUIS ARBOS “ TPM: Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción” 2002
- [12]** RAFAEL ROMERO VILAFRANCA “Métodos estadísticos en ingeniería”
España 2005
- [13]** ALVARES, Humberto. “TPM Programa para Líderes”. Manual Electrónico Producido por Advanced Productive Solutions, S.L. Barcelona, España. 2003.
- [14]** KAPLAN, Robert and NORTON, David. “Cuadro de Mando Integral”. Barcelona, España Gestión 2000, 1997 ISBN.
- [15]** PACHECO, Juan Carlos y Otros. “Indicadores Integrales de Gestión”. Santa Fe de Bogotá, Colombia. McGraw –Hill, 2004. ISBN 958410206.
- [16]** SUZUKI, Tokutaro. “TPM en Industrias de Proceso“. Madrid, España. TGP Hoshin, 1995. ISBN.
- [17]** MORA, Enrique. “TPM para los latinoamericanos“. Nevada, EE.UU.: M.O.R.A, LCC. 2001. P 15-21.
- [18]** ARISTIZABAL, Sergio. “Dirección y sistematización del mantenimiento“. Medellín, Colombia: Universidad Eafit, 1989.

- [19]** DOUNCE, Enrique. "La productividad en el mantenimiento industrial". Ciudad de México, México: Compañía editorial Continental, 1998. ISBN 9682610893.
- [20]** MORA, Luis. "Diseño para la medición de confiabilidad, mantenibilidad y Disponibilidad de equipos en mantenimiento industrial": Informe final. Medellín, Colombia: Universidad Eafit, 2004.
- [21]** VELEZ, Alfonso. "Memorias de investigación: Elaboración de un instrumento para el estudio de los procesos de cambio asociados con la implantación del TPM en Colombia. Medellín". Colombia, 2004. Universidad Eafit.
- [22]** BERENSON, M. L., LEVINE, D. M. y KREHBIEL, T. "Estadística para Administración". 2da edic. Prentice Hall. México 2001.
- [23]** FUENLABRADA, S. "Probabilidad y Estadística". McGraw-Hill. México 2000.

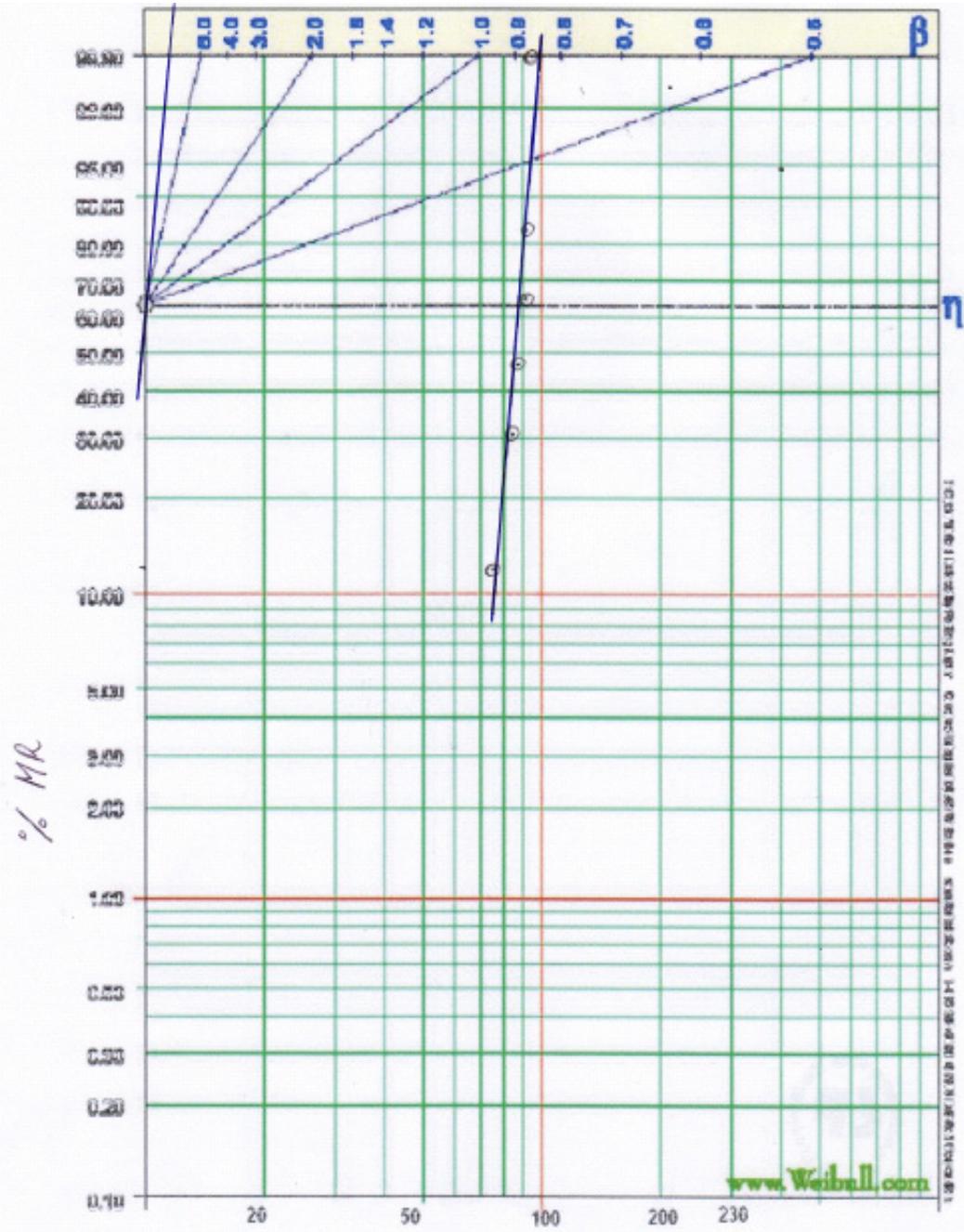
APÉNDICES

APÉNDICE A. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

REGISTRO ÚNICO DE LA MÁQUINA	
Nombre:	CRATHERN ENGINEERING
No Equipo:	9
Localización:	Área de Pegado Archivadores
Departamento:	Producción
Tipo de Equipo:	Pegadora
Estado:	Regular
Prioridad:	Importante
Persona Responsable:
Fabricante:	SHEET GLUER
No Modelo:	CE 26
No Serie:	36480
Voltaje:	230 V
Amperaje:	50 A
Cycles:	60
Phase:	3
CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA	
SECCIÓN ENGOMADORA	Aire Comprimido:
Hoja Gramaje: 90	PILE STOP-FLIPPERS 55 70 psi
Viscosidad de la Goma: 55	PINCH-ROOL DOWN 18 20 psi
Voltaje: 230 V	PINCH-ROOL UP 32 36 psi
Temperatura: 235 °C	MAIN AIR GAUGE 70 85 psi
ACOPLADORA	
Carton Espesor: 1.75 mm	
Voltaje: 230 V	Aire Comprimido: 80 90 (psi)
3 Sensores: SHARTEYE MODELO SD TRITONYSA	
PRENSA	
Voltaje: 230 V	Sensores

APÉNDICE B. ANÁLISIS WEIBULL (Rodamiento 6305-2R51)

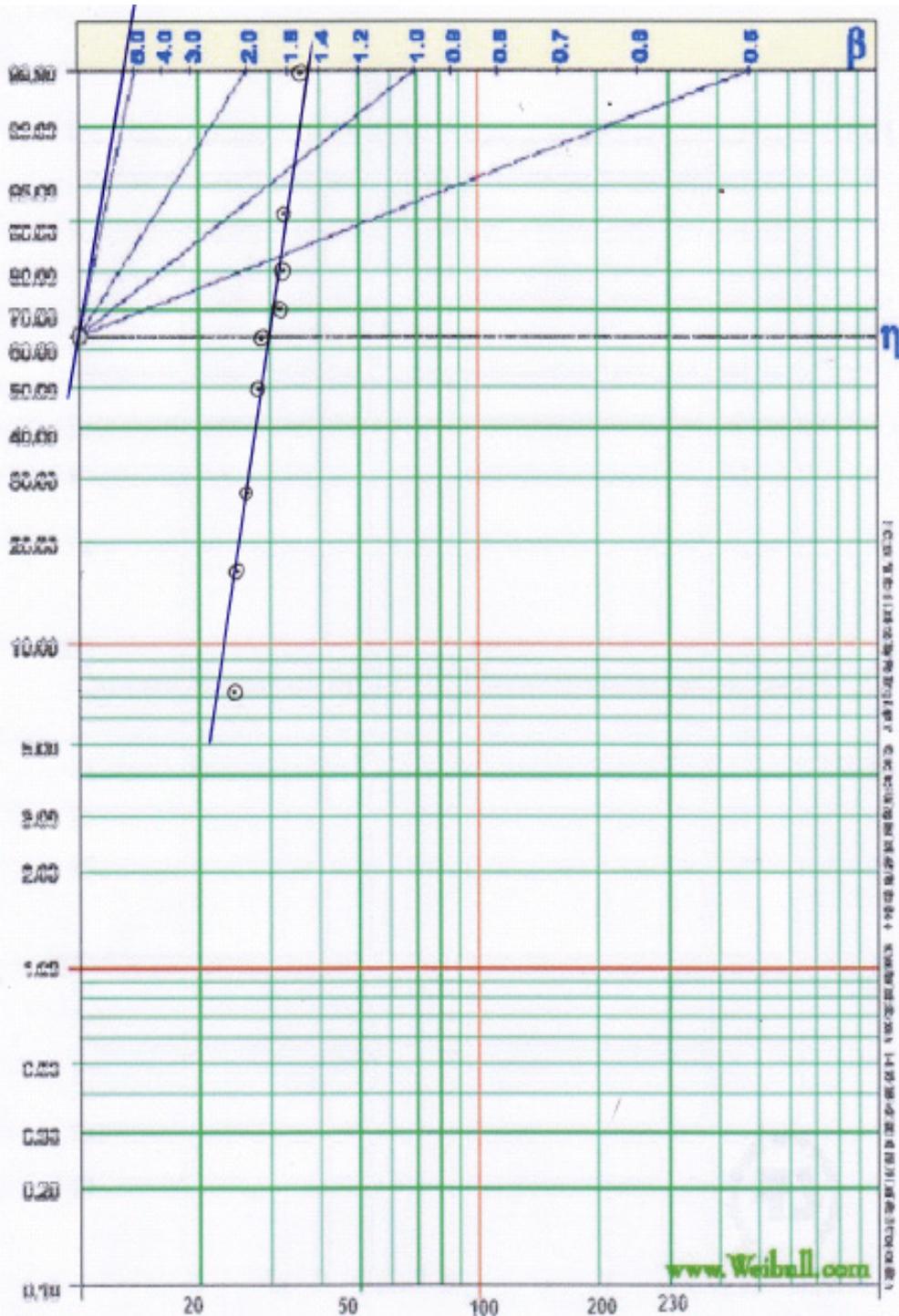
ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	XXXX		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Rodamiento 6305-2R51		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)	MR%	
1	76	12,5	
2	84	30,4	
3	89	48,2	
4	91	66,1	
5	93	83,9	
6	95	100,0	
7			
8			
9			
10			
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	89
		β	5
		R(90%)	57 días



APÉNDICE C. ANÁLISIS WEIBULL (Banda transportadora)

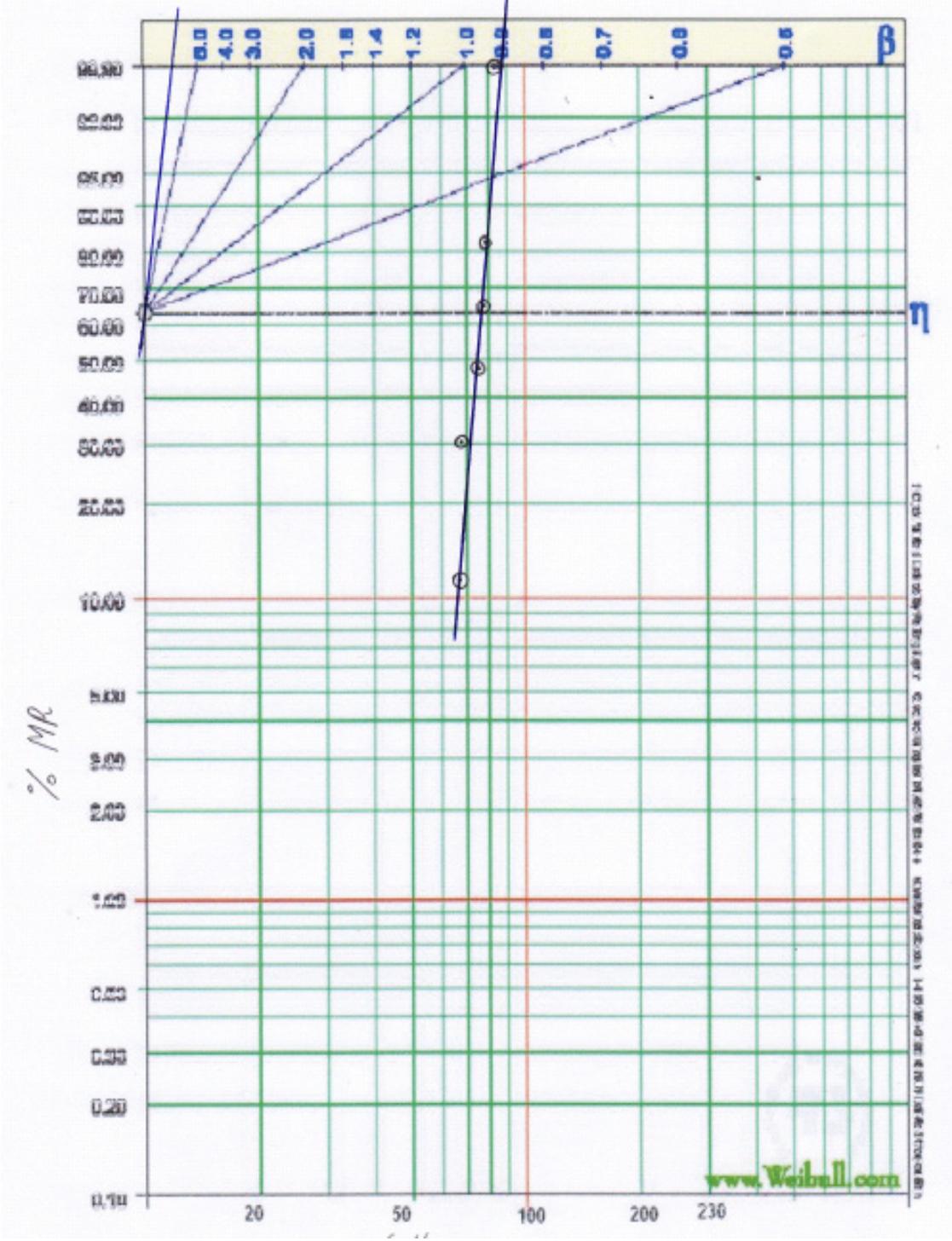
ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	XXXX		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Banda transportadora		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)	MR%	
1	25	7,3	
2	26	17,7	
3	27	28,1	
4	28	38,5	
5	29	49,0	
6	29	59,4	
7	31	69,8	
8	32	80,2	
9	32	90,6	
10	36	100,0	
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	30
		β	5
		R(90%)	20 días

%RR



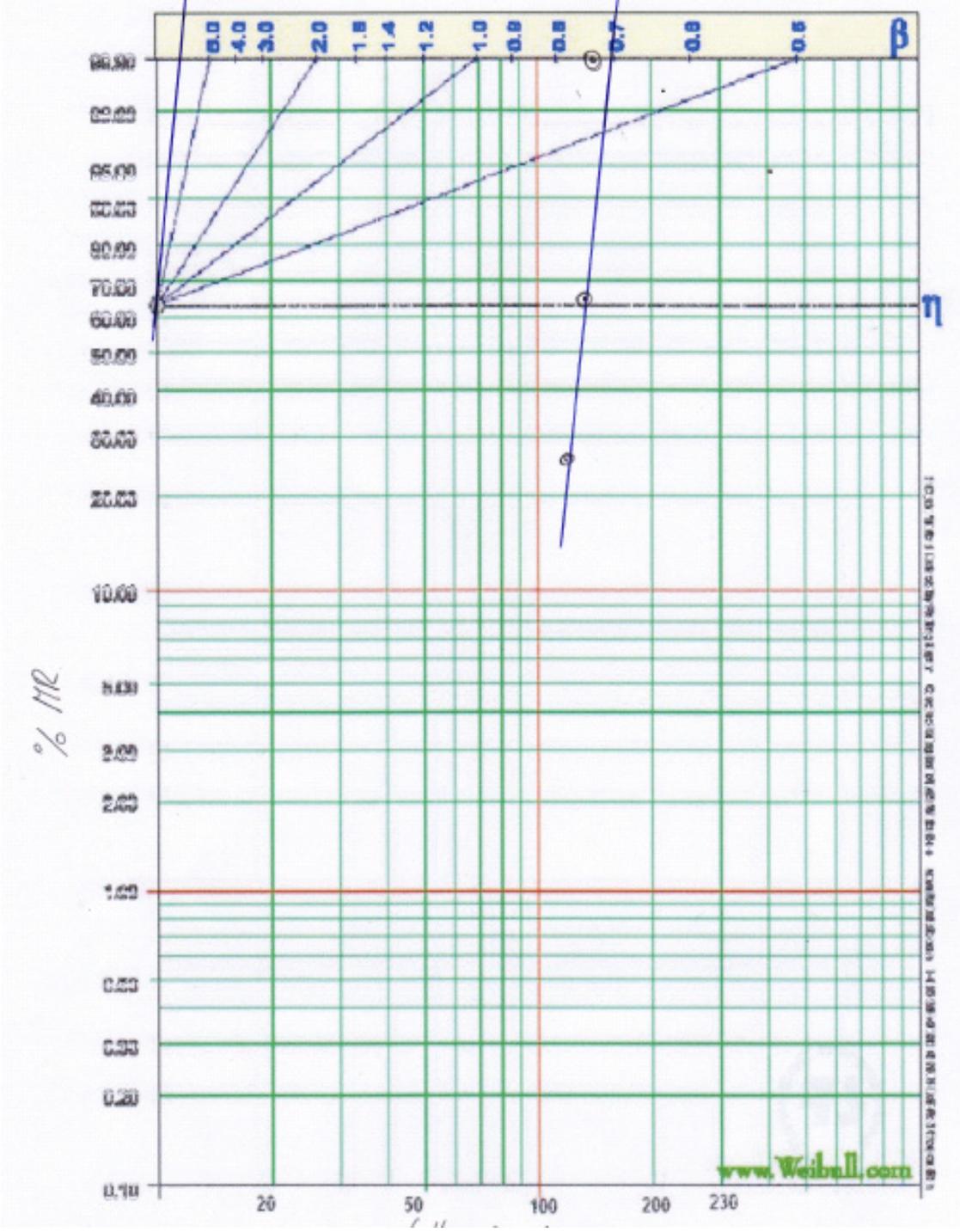
APÉNDICE D. ANÁLISIS WEIBULL (Resistencia eléctrica)

ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	XXXX		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Resistencia eléctrica		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)	MR%	
1	68	12,50	
2	69	30,36	
3	75	48,21	
4	78	66,07	
5	79	83,93	
6	83	100,00	
7			
8			
9			
10			
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	78
		β	5
		R(90%)	51 días



APÉNDICE E. ANÁLISIS WEIBULL
(Sist. Neumático para absorbentes)

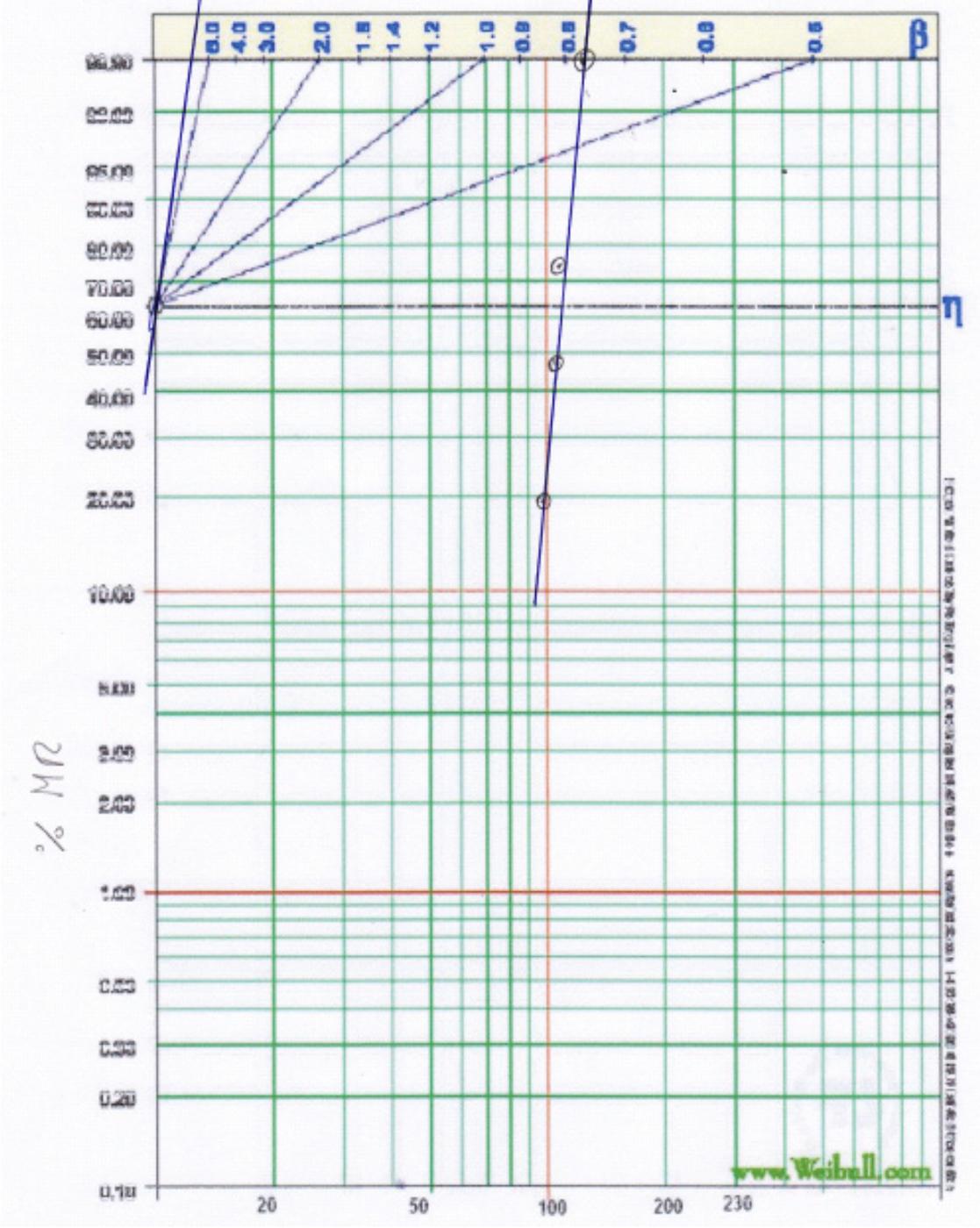
ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	xxxx		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Sist. neumático para absorbentes		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)		MR%
1	124		26,92
2	139		65,38
3	145		100,00
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	119
		β	5
		R(90%)	85 días



APÉNDICE F. ANÁLISIS WEIBULL

(Sist. Hidráulico de absorbentes)

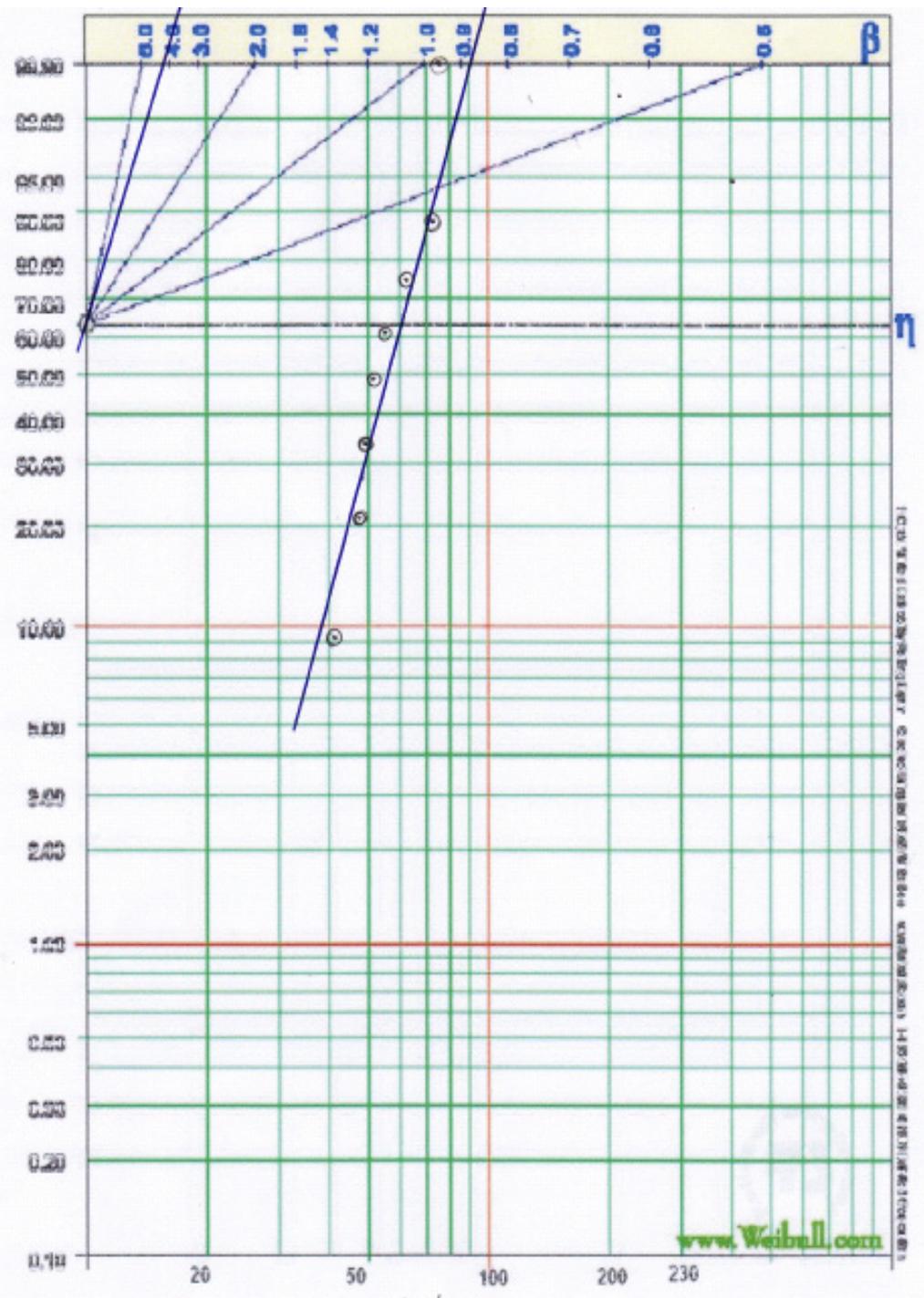
ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	xxxx		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Sist. hidráulico para absorbentes		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)	MR%	
1	98	19,44	
2	104	47,22	
3	106	75,00	
4	123	100,00	
5			
6			
7			
8			
9			
10			
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	105
		β	5
		R(90%)	71 días



APÉNDICE G. ANÁLISIS WEIBULL (Bandas giratorias)

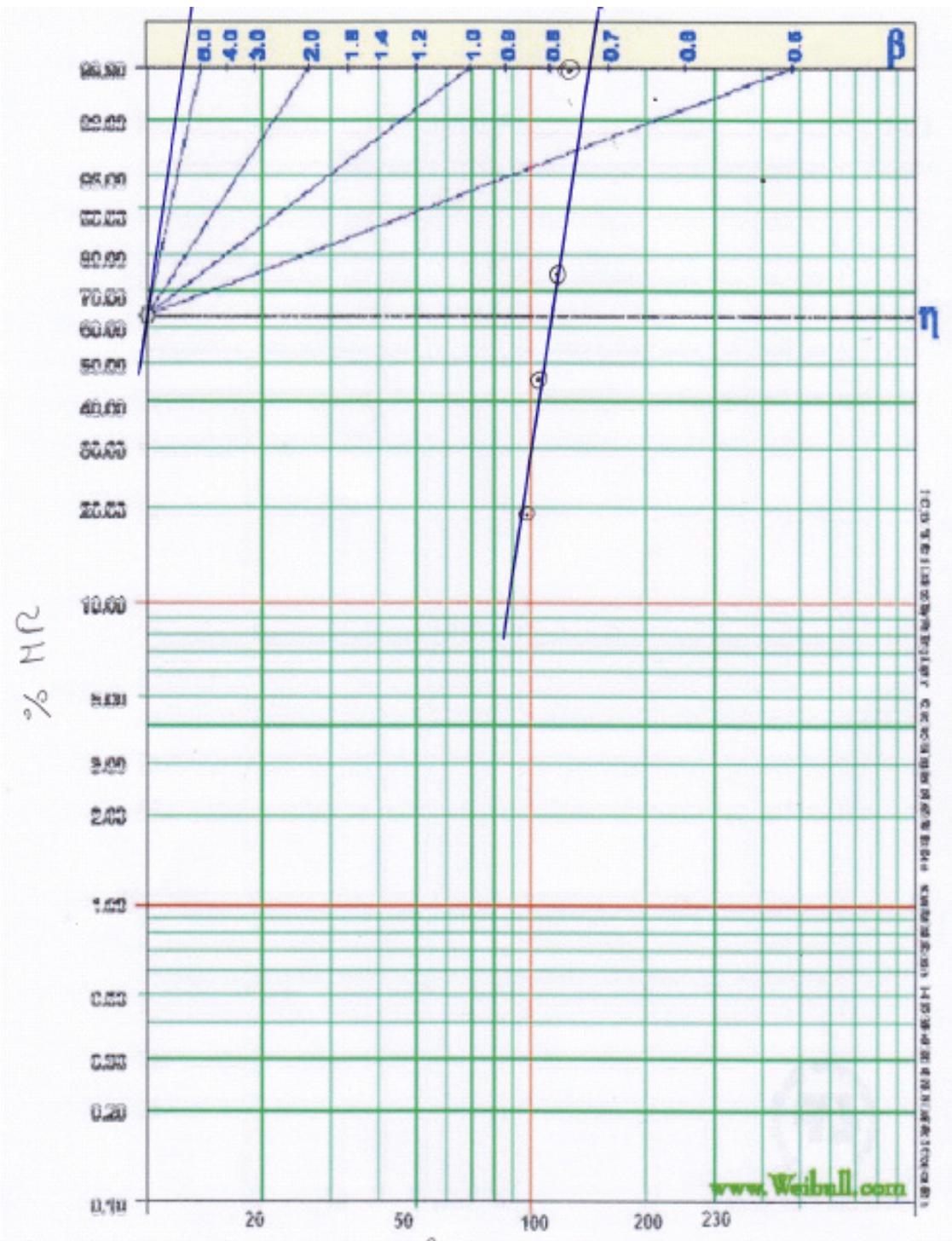
ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	XXXX		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Bandas giratoria		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)	MR%	
1	42	9,21	
2	47	22,37	
3	49	35,53	
4	51	48,68	
5	56	61,84	
6	61	75,00	
7	72	88,16	
8	75	100,00	
9			
10			
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	60
		β	5
		R(90%)	40 días

% MR



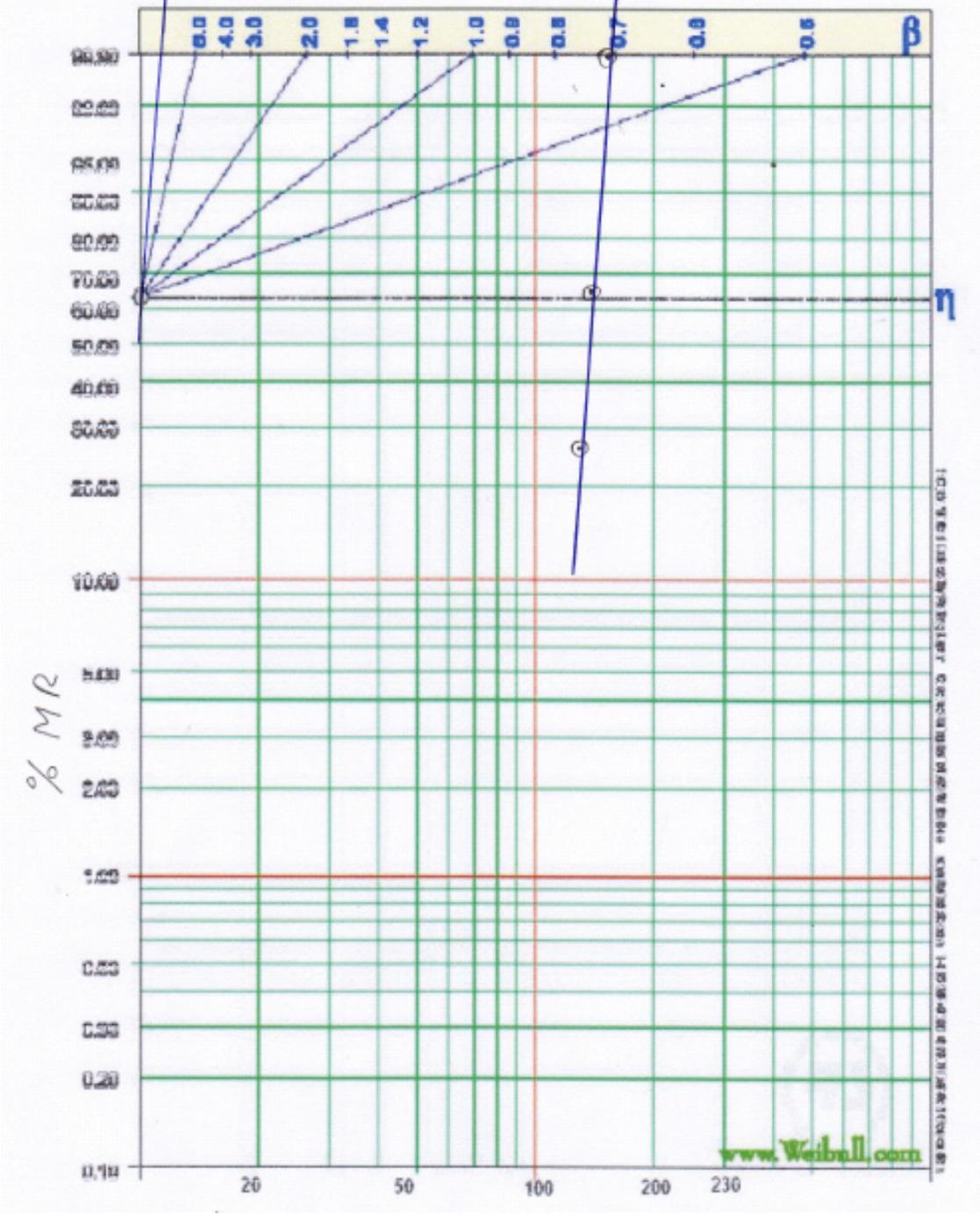
APÉNDICE H. ANÁLISIS WEIBULL (Chumacera BCE 25KRRB)

ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	XXXX		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Chumacera BCE 25KRRB		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)		MR%
1	98		19,44
2	106		47,22
3	117		75,00
4	132		100,00
5			
6			
7			
8			
9			
10			
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	115
		β	5
		R(90%)	87 días



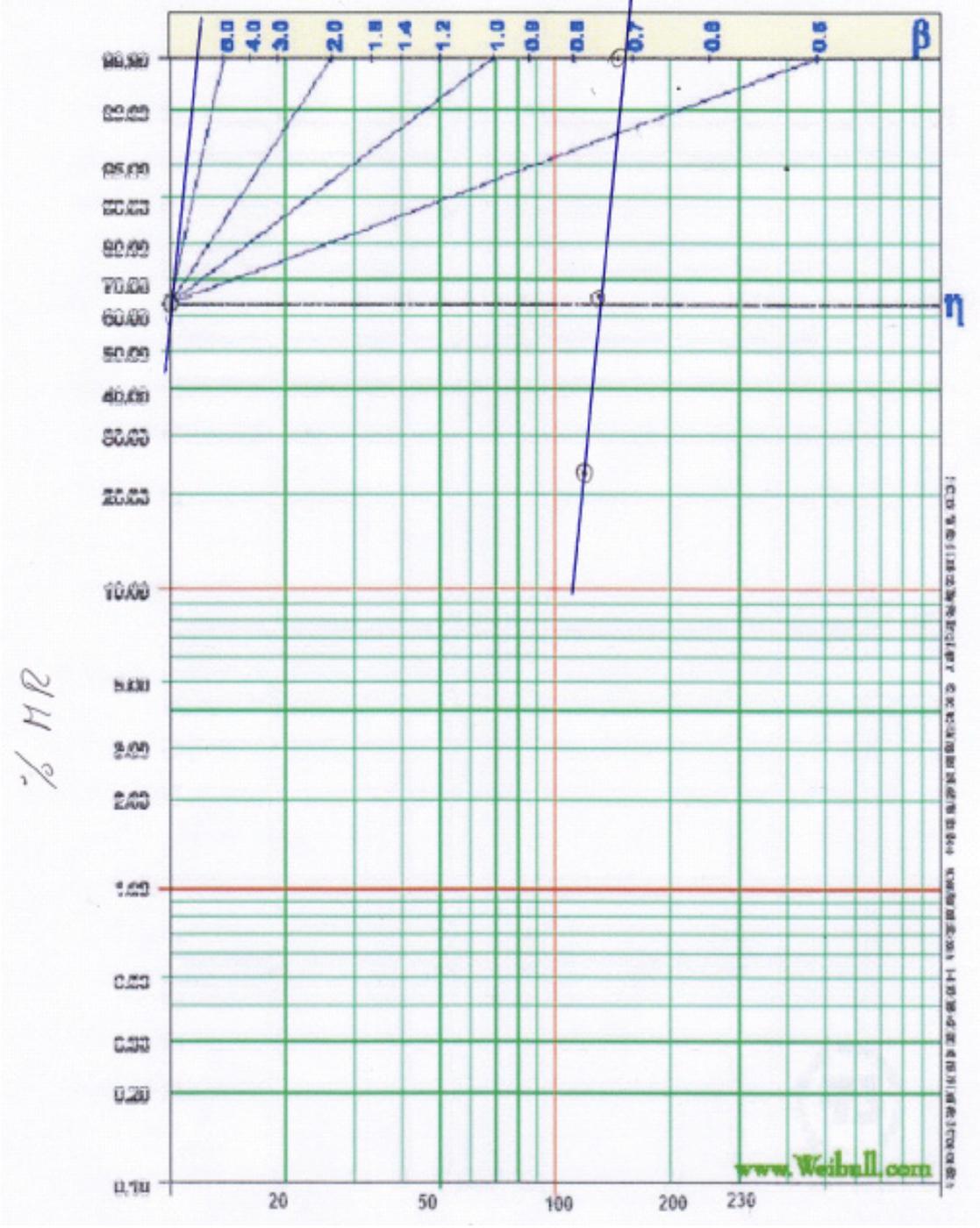
APÉNDICE I. ANÁLISIS WEIBULL (Chumacera 63008-2RS1)

ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	XXXX		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Chumacera 63008-2RS1		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)		MR%
1	139		26,92
2	145		65,38
3	165		100,00
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	146
		β	5
		R(95%)	98 días



APÉNDICE J. ANÁLISIS WEIBULL (Botellas neumáticas)

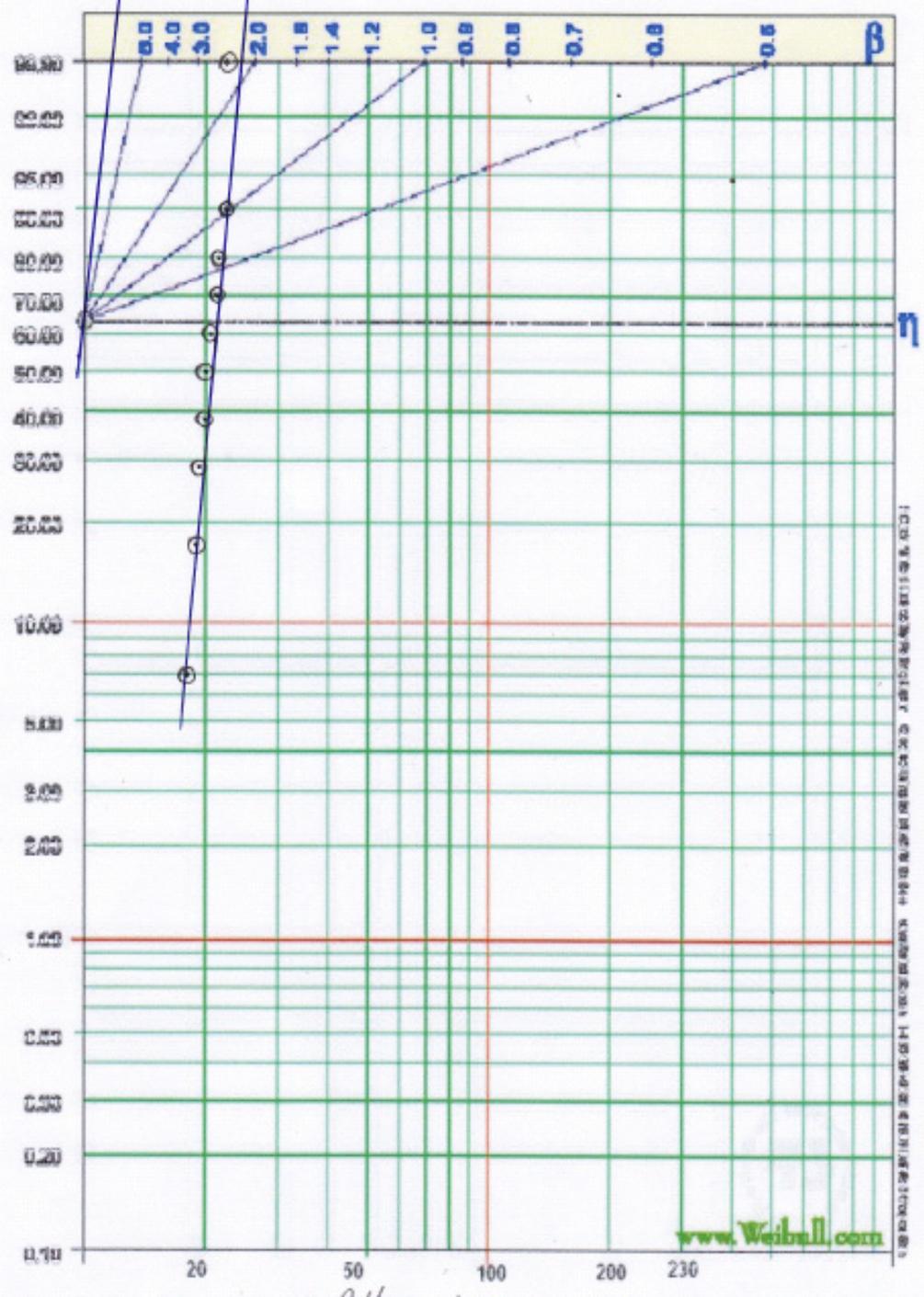
ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	XXXX		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Botellas neumáticas		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)		MR%
1	134		26,92
2	143		65,38
3	151		100,00
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	143
		β	5
		R(90%)	101 días



APÉNDICE K. ANÁLISIS WEIBULL (Diafragma de bomba)

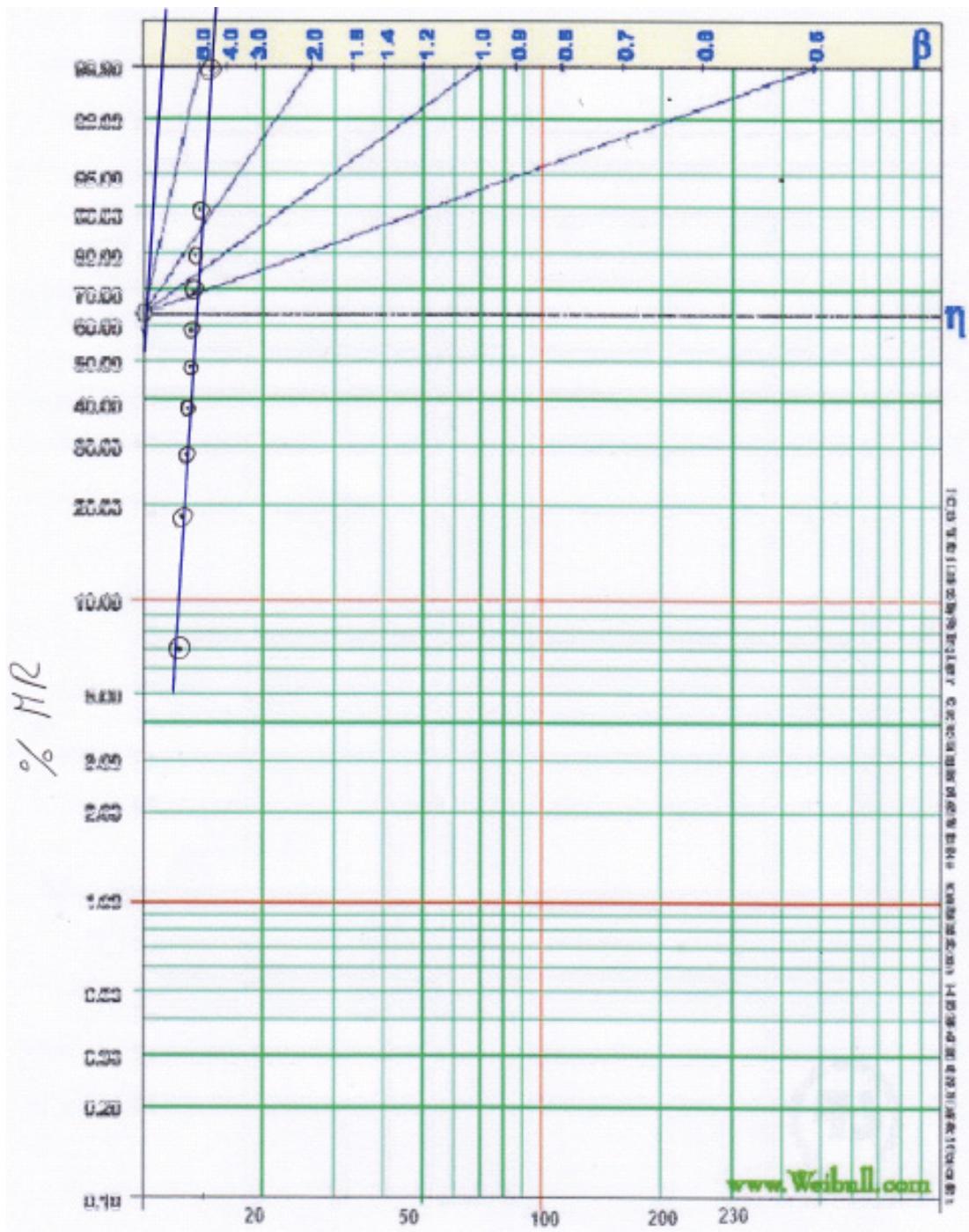
ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	XXXX		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Diafragma de bomba		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)	MR%	
1	17	7,3	
2	18	17,7	
3	19	28,1	
4	20	38,5	
5	20	49,0	
6	21	59,4	
7	22	69,8	
8	22	80,2	
9	23	90,6	
10	23	100,0	
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	21
		β	5
		R(95%)	14 días

% MR



APÉNDICE L. ANÁLISIS WEIBULL (Ventosas absorbentes)

ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	XXXX		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Ventosas absorbentes		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)	MR%	
1	5	7,3	
2	6	17,7	
3	7	28,1	
4	7	38,5	
5	8	49,0	
6	8	59,4	
7	8	69,8	
8	8	80,2	
9	9	90,6	
10	9	100,0	
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	6
		β	5
		R(90%)	6 días



APÉNDICE M. ANÁLISIS WEIBULL (Rodamientos 362006BTN)

ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS CON DIST.WEIBULL			
EQUIPO:	CRATHERN	N° EQUIPO:	9
OPERADOR:	xxxx		
ANALISTAS:	Damián Pamiño ; Andrés Zamora		
COMPONENTE:	Rodamientos 362006BTN		
ORDEN	TIEMPO DE FALLA (DIAS)	MR%	
1	78	12,50	
2	79	30,36	
3	84	48,21	
4	85	66,07	
5	89	83,93	
6	95	100,00	
7			
8			
9			
10			
$R(t=T) = \{e^{-(T/\eta)}\}^\beta \times 100\%$		η	89
		β	5
		R(90%)	58

