

MODELO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA UNA
IMPRESORA TIPO FFG DE CAJAS DE CARTÓN

JUAN PABLO PUENTES PEÑUELA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2019

MODELO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA UNA
IMPRESORA TIPO FFG DE CAJAS DE CARTÓN

JUAN PABLO PUENTES PEÑUELA

Monografía para optar al título de Especialista en Gerencia en Mantenimiento

Director

Daniel Ortíz Plata

Especialista Gerente de Mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2019

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	16
4. MARCO TEORICO	17
4.1 MARCO REFERENCIAL.....	17
4.2 MARCO CONCEPTUAL	20
4.2.1 Mantenimiento y confiabilidad.....	20
4.2.2 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.. ..	25
4.2.3 Siete pasos para que un proceso sea reconocido como RCM.	25
4.2.4 Metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	29
4.2.5 Impresora tipo Flexo Folder Gluer. Impresión Flexográfica.. ..	32
4.2.5.1 Cuerpo alimentador.. ..	34
4.2.5.2 Cuerpo impresor.	35
4.2.5.3 Cuerpo Ranurador.. ..	36
4.2.5.4 Unidad dobladora o Folder.....	38
4.2.5.5 Counter Ejector.	39
5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE RCM A LA MÁQUINA WARD FFG 12000.....	41
5.1 ELEMENTO DE ESTUDIO	41
Impresora Ward tipo FFG 12000 serie 12128. Modelo 1998 Marca Americana. ...	41
5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO	41
5.3 CONTEXTO OPERACIONAL	42
Tabla 2. Información condiciones Operacionales.	42
5.4 LÍMITES Y FRONTERAS.....	42

5.5 INTERFASES	44
5.6 FUNCIONES.....	47
5.6.1 Funciones Primarias..	47
5.6.2 Funciones Secundarias.....	49
5.7 DETERMINACIÓN DE FALLOS FUNCIONALES.....	49
5.8 DETERMINACIÓN DE MODOS DE FALLA.....	50
5.9 ANÁLISIS DE CRITICIDAD	51
5.10 LISTADO DE TAREAS	52
5.11 ACTUALIZACIÓN DEL PLAN	53
6. CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS	57

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Impresora tipo FFG de cajas de cartón.	13
Gráfico 2. Curvas patrones de falla.....	18
Gráfico 3. Tipos de mantenimiento.	21
Gráfico 4. Historia y evolución del Mantenimiento.	25
Gráfico 5. Diagrama de flujo de RCM	30
Gráfico 6. Diagrama de decisión metodología RCM	32
Gráfico 7. Impresora tipo Flexo Folder Gluer Marquip Ward.	33
Gráfico 8. Correas de alimentación impresora tipo FFG.....	34
Gráfico 9. Sistema de impresión flexográfica.....	36
Gráfico 10. Juego de scores Macho y Scores Hembra impresora tipo FFG	37
Gráfico 11. Juego de cuchillas Macho y Masas Hembra impresora tipo FFG	37
Gráfico 12. Vista cortes y scores de caja regular marcados en lámina de cartón.	38
Gráfico 13. Unidad dobladora o foldeadora	38
Gráfico 14. Arrumado de cajas en counter ejector impresora tipo FFG	39
Gráfico 15. Diagrama de jerarquización de equipos	43
Gráfico 16. Línea de Impresión Flexo Folder Ward 12000	44
Gráfico 17. Algoritmo de decisión Mantenimiento Centro en Confiabilidad (RCM)	53

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Información Técnica del equipo.	41
Tabla 2. Información condiciones Operacionales.	42
Tabla 3. Cuadro de entrada Energía Eléctrica a máquina	45
Tabla 4. Cuadro de entrada Energía Neumática a máquina	45
Tabla 5. Cuadro de entrada Materias Primas a máquina.....	46
Tabla 6. Tabla de salidas de máquina	47
Tabla 7. Fallas Funcionales FFG Ward 12000	50
Tabla 8. Modos de falla FFG Ward 12000	51
Tabla 9. Matriz de criticidad.	52

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A: AMEF DE FFG WARD 12000.	57
---------------------------------------	----

RESUMEN

TITULO: MODELO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA UNA IMPRESORA TIPO FFG DE CAJAS DE CARTÓN.*

AUTOR: JUAN PABLO PUENTES PEÑUELA

PALABRAS CLAVE: IMPRESORA, FLEXO, FOLDER, GLUER, FOLDEADORA, FLEXOGRÁFICA, CARTÓN, RCM.

DESCRIPCIÓN:

En esta monografía se desarrolla un plan de mantenimiento basado en confiabilidad RCM por sus siglas en inglés (Reliability Centered Maintenance), para una impresora de cajas de cartón flexográfica Ward FFG 12000 modelo 1998 de una empresa fabricante de cajas de cartón corrugado, esto debido a que presenta fallas que no están contempladas dentro del plan de mantenimiento establecido para esta máquina, generando paradas por mantenimiento correctivo no programado, pérdida de productividad, problemas de calidad en producto terminado y aumento de desperdicio en el proceso. Para llevar a cabo el diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM se procede a categorizar los sistemas y subsistemas de la máquina seguido de sus funciones, fallas funcionales, modos y efectos de falla basados en el historial de información de mantenimiento correctivo y función operacional, para luego categorizar cada modo y efecto en un matriz de frecuencia y criticidad (matriz de ponderación) que luego pasa a un diagrama de decisión para así determinar la tarea o actividad de mantenimiento para evitar cada modo y efecto de falla asignando todo tipo de recursos necesarios para llevar a cabo su ejecución, construyendo a su vez el plan de mantenimiento basado en confiabilidad para esta máquina.

* Trabajo de grado. Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director de Proyecto Ing. Daniel Ortíz Plata.

SUMMARY

TITLE: MODEL OF A MAINTENANCE PLAN BASED ON RCM FOR A FFG TYPE PRINTER OF CARTON BOXES.*

AUTHOR: JUAN PABLO PUENTES PEÑUELA

KEYWORDS: PRINTER, FLEXO, FOLDER, GLUER, FOLDEADORA, FLEXOGRAPHIC, CARDBOARD, RCM.

DESCRIPTION:

This monograph develops a maintenance plan based on reliability RCM for its acronym in English (Reliability Centered Maintenance), for a printer of flexographic cardboard boxes Ward FFG 12000 model 1998 of a manufacturer of corrugated cardboard boxes, this due to that presents failures that are not contemplated within the maintenance plan established for this machine, generating stops due to unscheduled corrective maintenance, loss of productivity, quality problems in finished product and increase of waste in the process. To carry out the design of a maintenance plan based on RCM, the systems and subsystems of the machine are categorized, followed by their functions, functional failures, modes and failure effects based on the history of corrective maintenance information and operational function , to then categorize each mode and effect in a frequency and criticality matrix (weighting matrix) which then goes on to a decision diagram to determine the maintenance task or activity to avoid each failure mode and effect by allocating all kinds of resources necessary to carry out its execution, building the maintenance plan based on reliability for this machine.

* Degree work. Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Project Manager Ing. Daniel Ortíz Plata.

INTRODUCCIÓN

En el mundo globalizado en el que hoy vivimos, donde competir es el único camino para sobrevivir y mantenerse a flote el mercado, toman un papel decisivo y estratégico, indicadores como la productividad, calidad, precio y todo aquello que denote que el negocio es eficiente con el uso de sus recursos en su operación y poder producir en ventaja comparativa respecto a su competencia. Teniendo en cuenta esto, de la mano debe ir la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas y activos que la empresa tenga para tal fin, es por ello que la gestión de mantenimiento es uno de los pilares más importantes para poder asegurar el éxito de producción aportándole seguridad en su operación y lleve a lo más mínimo los tiempos muertos o Down time por varadas generadas por mantenimiento correctivo.

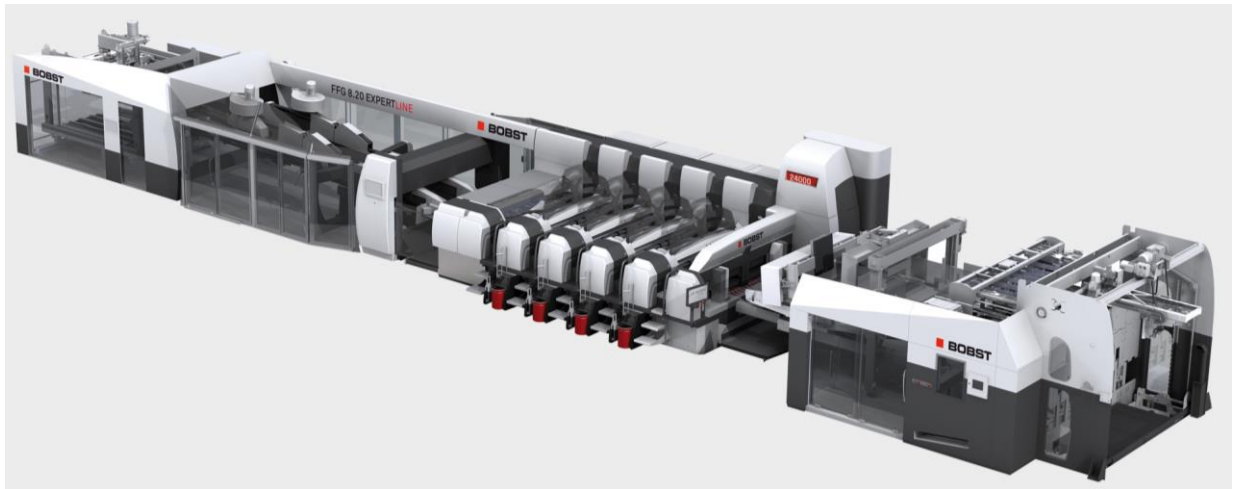
Esta monografía tiene como objetivo el diseño y planteamiento de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para una máquina impresora de cajas de cartón tipo Flexo Folder Gluer, este plan busca dar un mejor alcance y soporte en la gestión de activos para la empresa teniendo como resultado una mejor respuesta de disponibilidad de máquinas para producción fortaleciendo el mantenimiento preventivo y condición de los equipos.

Para el diseño del plan de mantenimiento se apoya en la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad partiendo del reconocimiento del equipo para poder anticipar y analizar sus fallas y modos de fallas, y así tener información sólida que permita tomar mejores decisiones de que actividades se deberán realizar para lograr el objetivo en la gestión de confiabilidad para la empresa.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La impresora tipo Flexo Folder Gluer (Impresión flexográfica, plegable, y pegada), modelo 1995, está conformada por un cuerpo alimentador, dos cuerpos impresores, un cuerpo ranurador, un cuerpo troquelador, una unidad foldeadora (dobladora) y un counter ejector (contador expulsor). La impresora FFG fue especialmente diseñada para la fabricación de caja regular ranurada, que es el tipo más común en el mercado.

Gráfico 1. Impresora tipo FFG de cajas de cartón.



Fuente: Bobst. Impresora tipo FFG. [En línea] 15 Marzo de 2017 [Citado el: 5 Mayo de 2018] Disponible en: <[https://www.bobst.com/user/products/flexo-folding-gluing/flexo foldgluersffg/overview/machine/ffg->](https://www.bobst.com/user/products/flexo-folding-gluing/flexo-foldgluersffg/overview/machine/ffg->)

Las fallas que se presentan en esta impresora están relacionadas con la productividad, calidad y disponibilidad. Por ejemplo, la productividad, se ve afectada en la ralentización en el expulsor del counter ejector, lo que obliga a trabajar más despacio, la calidad, por el juego radial o axial en los cuerpos impresores o cuerpo alimentador que genera variación o parches en la impresión de la caja, y la disponibilidad, se ve afectada en fallas asociadas en el cierre de

Máquina, estas como por nombrar algunas. Este tipo de fallas generan pérdidas económicas y de competitividad a la empresa debido a que disminuye el índice de confiabilidad sobre esta máquina.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de mantenimiento preventivo basado en RCM para la impresora tipo FFG de cajas de cartón.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar todos los sistemas de la impresora tipo FFG para aplicar la metodología RCM.
- Definir y categorizar las funciones de cada uno de los sistemas a aplicar la metodología.
- Definir todos los tipos de modos de falla de los sistemas, categorizando su afectación en la máquina, realizando un análisis de criticidad.
- Aplicar el diagrama de decisión para definir actividades parte del modelo de mantenimiento preventivo basado en RCM.

3. JUSTIFICACIÓN

Para una empresa que depende de la disponibilidad de esta máquina, debido a que por ella pasa el 70% del total de su producción, necesita de los más altos índices de confiabilidad para llevar a cabo su gestión en la comercialización de empaques de cartón corrugado. El impacto económico es la principal razón para diseñar planes que disminuyan el tiempo de inactividad y retrasos en su producción, al mismo tiempo que la credibilidad, competitividad y cumplimiento con sus clientes sean la base para el crecimiento de la empresa en el mercado de empaques para exportación.

Este trabajo tiene como finalidad diseñar un plan de mantenimiento con el alcance acorde al esfuerzo, carga y desgaste de la máquina, que cubra las necesidades de disponibilidad. Atacando preventivamente las posibles fallas en producción, al igual que extender la vida útil del equipo y que pueda operar en las mejores condiciones cumpliendo con calidad y productividad.

4. MARCO TEORICO

4.1 MARCO REFERENCIAL

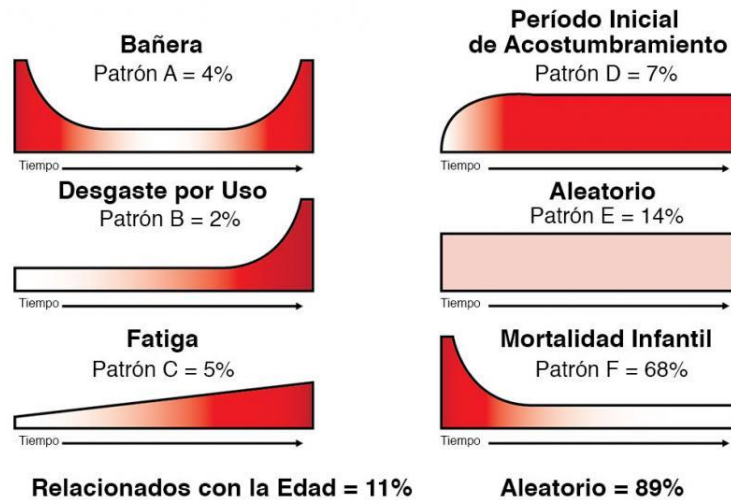
La metodología RCM para la gestión de activos, ha sido aplicada actualmente a infinidad de equipos con el fin de mostrar los innumerables beneficios de un mantenimiento planeado y estructurado en acciones que agregan valor en la preservación y condición productiva de los activos de una organización. De esta manera la prevención y anticipación a fallas no programadas son determinantes en la competitividad de las empresas, en su objetivo por mantenerse exitosas en el mercado. El trabajo realizado por Fajardo Gutiérrez¹, aplicado a una extrusora de plástico es un claro ejemplo de la aplicación de esta metodología en la búsqueda por desarrollar técnicas de mantenimiento más eficientes y productivas, ofreciendo una confiabilidad mayor del equipo y una reducción en los tiempos muertos. Como resultado se obtiene un plan de mantenimiento de 45 actividades, de las cuales, 20 son responsabilidad de contratistas de mantenimiento, en las que se encuentran; monitoreo basado en condición, tareas de restauración, mantenimiento predictivo e incluso algunas que determina correr a falla. Las otras 25 son responsabilidad del personal de producción.

En la historia y evolución del mantenimiento cuya profundización se tratará en el siguiente capítulo, se observa como a través del tiempo se han creado diferentes patrones y modelos de falla relacionado según el tipo de activo². Donde en un principio, el cambio prematuro de algunos componentes se hacía en búsqueda de conservar la función de los activos, hecho que elevó los gastos de mantenimiento.

1 FAJARDO, Hugo Alberto. Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para la extrusora de plástico JHS 45 de la empresa Arneses y Gomas S.A. Trabajo de grado Gerente de Mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería, 2017. 67p.

2 MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.

Gráfico 2. Curvas patrones de falla.



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.

Cubides Garzón³, desarrolla un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para una montaña rusa en el parque de atracciones Salitre Mágico, ubicado en Bogotá. Él, parte del histórico de falencias en las actividades de mantenimiento que generaban reprocesos y costos altos para la organización.

Este plan se basa en un análisis de modal de fallas y efectos, con el fin de determinar que componentes son más críticos, seguido de la determinación de actividades para conformar un plan cuyo objetivo es ofrecer un alto grado de confiabilidad y seguridad para disminuir los costos del área.

Como resultado genera un plan de mantenimiento cuyo punto crítico fue la definición de las funciones del equipo de trabajo, concluyendo que la gestión del área de mantenimiento debe ir ligada al área operacional para lograr una correcta manipulación de las máquinas. Donde ellos mismos realizan seguimiento a las

³ CUBIDES, Holman Enrique. Estudio y desarrollo del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para la atracción montaña rusa del parque de atracciones salitre mágico Bogotá. Trabajo de grado Gerente de Mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería, 2017. 127p.

actividades preventivas y correctivas, con el valor agregado de inspeccionar y mitigar los inicios de una falla antes que se conviertan en críticas.

Montenegro Siefken⁴ genera un diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una impresora flexográfica iniciando con la taxonomía de la máquina impresora, al igual que definiendo las funciones de los elementos que componen el equipo. Siefken divide la maquina en 8 sistemas, que a su vez lo componen 54 subsistemas y componentes para lograr gran minuciosidad en el análisis de falla de cada sistema, con el fin de ser muy objetivo con cada actividad generada para conformar el plan de mantenimiento. Lo mejor de conocer a fondo las funciones del equipo, es que genera facilidad para la asignación de responsables a cada tarea e incluso relaciona el personal de producción lo cual ayuda en la gestión de costos, al solo tercerizar actividades que requieren alguna especialidad. Con la propuesta de este plan de mantenimiento también alcanza mayor eficiencia del tiempo utilizado al ejecutar algunas actividades estando la máquina en producción, lo cual es idóneo para reducir tiempos y recurso operacional que se puede destinar a otras labores cuando el equipo pare totalmente para mantenimiento.

⁴ MONTENEGRO, Rafael Antonio. Diseño de un programa de mantenimiento para una impresora flexográfica. Trabajo de grado Gerente de Mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería, 2014. 145p.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

4.2.1 Mantenimiento y confiabilidad. La palabra mantenimiento nace como concepto para definir a la función empresarial que se encarga del estado de todo tipo de instalaciones ya sean productiva, locativas, auxiliares y de servicios⁵. De una manera más acertada, mantenimiento es toda acción o conjunto de acciones destinadas para conserva o rehabilitar un activo, para llevar a cabo este objetivo, es misión de mantenimiento:

- Vigilancia permanente o periódica de los equipos
- Acciones preventivas
- Acciones correctivas (reparaciones)
- Reemplazo de maquinaria.

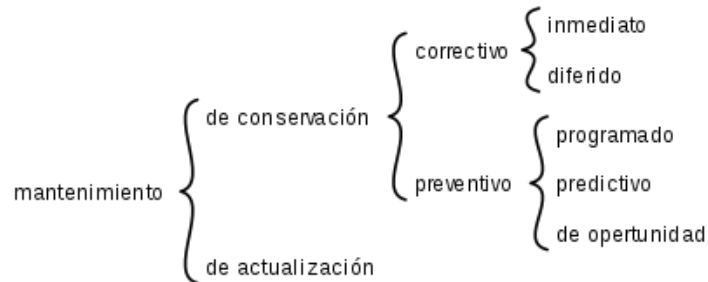
Visto de una manera más corta, mantenimiento se define como toda actividad o acción destinada a la preservación de un artículo o reconstruirlo a un estado para que pueda llevar a cabo la función para la cual fue adquirido. Estas actividades como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarias para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones.

La ejecución planificada de este tipo de actividades lo llamaremos plan de mantenimiento permitiendo alcanzar el objeto principal para el cual lo estamos ejecutando, el resultado o deber ser, es alcanzar un grado mayor de confiabilidad operacional en los equipos, máquinas, instalaciones a su vez eliminado condiciones operacionales que puedan ser nocivas o que puedan vulnerar la integridad física de las personas que interactúan con estos equipos.

⁵ NAVARRO, Juan. Técnicas de Mantenimiento Industrial. Calpe Institute of Technology, 2007

Existen tipos de mantenimiento que depende de las operaciones de mantenimiento que involucra y el alcance que lleva cada una, esto se puede diferenciar en la siguiente figura:

Gráfico 3. Tipos de mantenimiento.



Fuente: 2016. <https://es.wikipedia.org/wiki/>. [En línea] 15 de Abril de 2016. [Citado el: 1 de Septiembre de 2019]

- **Mantenimiento de actualización:** Tiene como propósito compensar la obsolescencia tecnológica o las nuevas exigencias que en el momento de construcción no existían o no fueron tenidas en cuenta pero que en la actualidad sí deben serlo.
- **Mantenimiento de conservación:** Está destinado a compensar el deterioro de equipos sufrido por el uso, de acuerdo a las condiciones físicas y químicas a las que fue sometido. En el mantenimiento de conservación pueden diferenciarse:
- **Mantenimiento correctivo:** Es el encargado de corregir fallas o averías observadas.
- **Mantenimiento correctivo inmediato:** Es el que se realiza inmediatamente de aparecer la avería o falla, con los medios disponibles, destinados a ese fin.

- **Mantenimiento correctivo programado:** Al momento de producirse la avería o falla, se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.
- **Mantenimiento preventivo:** Dicho mantenimiento está destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por algún deterioro
- **Mantenimiento programado:** Realizado por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, etc.
- **Mantenimiento predictivo:** Es aquel que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.
- **Mantenimiento de oportunidad:** Es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.

Ahora bien, entendiendo que es el mantenimiento, confiabilidad se puede definir como la probabilidad de que un activo cumpla satisfactoriamente su función en un tiempo determinado. Para llegar a estas dos interpretaciones se distingue de 4 generaciones en la evolución de estos dos conceptos a lo largo de la historia.

- **Primera Generación**

Es la etapa más larga desde la revolución industrial, hasta 1945, después de la segunda guerra mundial y aun presente es muchas industrias es el mantenimiento correctivo, cuyo único fin es reparar fallas. La detección y prevención de estas era algo que no contemplaban los gerentes del mantenimiento por aquella época,

dado también los equipos simples y en gran manera estaban sobre diseñados, lo que hacía fácil de reparar, por ello no había necesidad de mantenimiento de cualquier tiempo más allá de limpieza y lubricación.⁶⁷

- **Segunda generación**

Va desde la segunda guerra mundial, hasta finales de los años 70's, las máquinas de esta época eran más numerosas y más complejas y la industria dependía más de ellas, por lo que requería de mayor disponibilidad del activo. Esto llevo a la idea de que los fallos podrían y deberían evitarse lo que genero la inspección y el mantenimiento preventivo.

A partir de aquí, también se empieza a relacionar la edad de los equipos y la probabilidad de fallo, lo que llevo a cambios de componentes en intervalos definidos, acciones que generaron incrementos en los costos de mantenimiento, los sistemas de planeación y control de mantenimiento nacen para controlar la gestión de mantención de activos.

- **Tercera generación**

Para esta generación crecen las expectativas de mantenimiento, los tiempos de inactividad siempre han afectado la capacidad productiva, al reducir la producción aumentan los gastos operativos y se interfiere con la entrega al cliente. En los años 80's este problema se miraba con preocupación en algunas industrias que avanzaban a sistemas de Justo a tiempo, en las que una avería por pequeña que fuese era propensa a detener una planta entera.

Aquí también nace la inquietud por el trato al medio ambiente y la seguridad de las personas, es aquí donde se empieza a gestionar estos dos temas como nueva prioridad incluso por encima de producción, por lo que el monitoreo por condición

⁶ NAVARRO, Juan. Técnicas de Mantenimiento Industrial. Calpe Institute of Technology, 2007

⁷ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Mexico: Aladon, 2004.

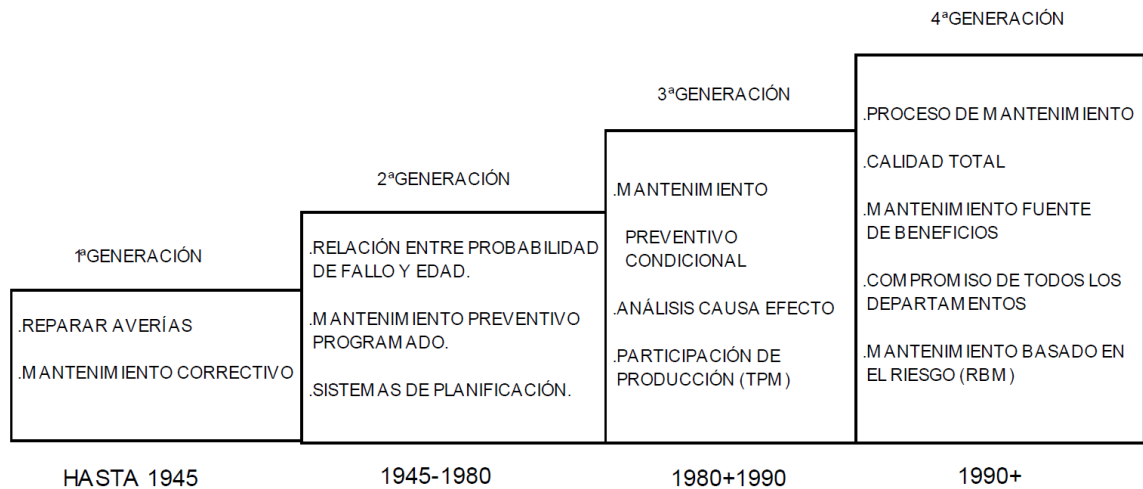
(mantenimiento predictivo) o detección precoz de fallas toma gran relevancia en el mantenimiento, al igual que los diagramas causa – efecto para ayudar a averiguar el origen de los problemas y fallas.

- **Cuarta Generación**

Aparece en los inicios de los años 90, mantenimiento es contemplado como una parte de calidad total, mediante una adecuada gestión de mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad del equipo, mientras se reducen costos operativos de mantenimiento. Surge el mantenimiento basado en riesgo (MBR) como metodología para inspección de equipos críticos.

En esta generación mantenimiento se concibe como un proceso de la empresa que interacciona con los demás departamentos, así como fuente de beneficios frente al antiguo concepto de “mal necesario”.

Gráfico 4. Historia y evolución del Mantenimiento.



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Mexico: Aladon, 2004.

4.2.2 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. El mantenimiento centrado en confiabilidad tiene sus inicios en la industria aeronáutica en la cual se empieza a analizar que las actividades de mantenimiento se estén realizando correctamente como el que se sean las actividades correctas para la preservación de activos.

Aclarado que mantenimiento es asegurar que los activos puedan seguir haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan; dentro del mantenimiento centrado en confiabilidad esto dependerá de exactamente de donde esté el equipo prestando su función, a esto se le denomina contexto operativo, definido esto (Reliability Centered Maintenance) es una metodología para determinar los requisitos mínimos de mantenimiento de cualquier activo físico en su actual contexto operativo.

4.2.3 Siete pasos para que un proceso sea reconocido como RCM. A continuación, se relaciona con una breve descripción de los pasos para un RCM:

- Delimitar el contexto operativo, las funciones y los estándares de desempeño deseados asociados al activo (contexto operacional y funciones)⁸.

El primer paso para diseñar una estrategia RCM es determinar qué es lo que se espera que el activo haga, para mantener las funciones específicas del equipo se debe establecer sus funciones y parámetros operacionales. Sus funciones operacionales podemos definirlas en dos categorías:

- Funciones Primarias: Esta categoría sintetiza el porqué de la adquisición del equipo, se justifica la compra del activo porque es veloz, por su productividad, por su capacidad o calidad que ofrece.
- Funciones Secundarias: Esclarece las funciones inherentes que el equipo debe tener para cumplir las expectativas del usuario tales como control, eficiencia, seguridad, sencillez incluso hasta apariencia.

Adicionalmente se definen los estándares de desempeño en el contexto operacional que el usuario requiera para el equipo objetivo del RCM.

- Determinar cómo un activo puede fallar en el cumplimiento de sus funciones (fallas funcionales).

Una falla funcional se puede expresar como un estado del activo para no cumplir con las expectativas de rendimiento del activo considerado, para esto es importante la comprensión total de las funciones y rendimiento del activo para así determinar cuáles podrían ser sus posibles fallas asociados con cada función para que podamos identificar todas las causas relevantes.

⁸ SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999. 30p.

- Definir las causas de cada falla funcional (modos de falla).

En este paso se aclaran las causas que pudieron provocar la falla funcional (razonablemente probables), esto incluye fallos que han ocurrido en equipos similares u operando en contextos operacionales parecidos, fallas que con el mantenimiento existente pueden suceder o fallas que, aunque no han ocurrido tienen alguna probabilidad de ocurrencia. Se deben incluir también fallas generadas por el personal operativo del equipo, y fallas de diseño del equipo.

- Describir qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de falla).

En RCM los efectos de falla miden la consecuencia de cada falla, en el caso de ocurrir cuanto puede perjudicar a la organización. Los efectos de falla ayudan a determinar la criticidad de la falla ocurrida teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- ¿Existe evidencia de que la falla ha sucedido?
 - ¿Cómo afecta la falla en la seguridad al personal? (si tiene relevancia en la seguridad)
 - ¿Cómo afecta la falla al medio ambiente?
 - ¿Cómo afecta la producción y operaciones de la planta?
 - ¿Se generan daños físicos generados por la falla?
 - ¿Qué debe hacerse para restaurar la falla?
- Clasificar los efectos de las fallas (consecuencias de la falla).

En esta clasificación se determina la afectación directa e impacto que tiene cada falla sobre el medio ambiente, la operación de la organización, la seguridad del personal, la calidad del producto generado, la imagen de la empresa. Si existe alguna falla que genere gran impacto sobre alguna de las anteriores, todo el

esfuerzo de mantenimiento se direcciona a evitar la posibilidad de que tal daño suceda, pero por el contrario si la falla tiene bajo impacto u afectación tendrá un esfuerzo diferente o una rutina más simple de mantenimiento, tal como se explica esto dependerá de la consecuencia final como punto de partida.

Con la metodología de RCM se pueden clasificar estas consecuencias en 4 grupos:

- Consecuencias de fallas Ocultas: Una falla oculta no causa un impacto directo, pero expone a la organización a fallas múltiples fallas con resultados a menudo catastróficos o bastante serios.
 - Consecuencias al medio ambiente o seguridad: Las fallas que generan estas consecuencias se catalogan si al suceder puede afectar la integridad física o incluso hasta provocar la muerte de cualquier persona. De la misma manera si la falla viola cualquier norma que cause cualquier degradación al medio ambiente.
 - Consecuencias operativas: Estas fallas tendrán gran relevancia o determinación en la producción, calidad, o servicio al cliente. Por lo general este tipo de fallas generan costos adicionales al costo de reparación.
 - Consecuencias no operativas: Son fallas que no tienen ninguna afectación en los grupos anteriores, por lo que solo implica el costo de reparación.
- Determinar qué se debe realizar para predecir o prevenir cada falla (tareas e intervalos de tareas)

En la evolución del mantenimiento a lo largo de la historia uno de los avances que representó en su tiempo, fue la relación de la edad del equipo con la probabilidad de falla, estos cambios determinaban la confiabilidad del equipo y la planta, aunque lo que hizo de manera directa fue inflar los costos de mantenimiento de los

equipos debido al cambio de componentes de manera proactivo antes de que fallaran.

Hoy gracias a estudios de confiabilidad de componentes es posible determinar los patrones de deterioro de algunos activos, estos siguen una constante condicional probabilidad de fallo en todas las edades o que sigue una alta tendencia de mortalidad infantil que eventualmente cae a una probabilidad constante o muy lenta de fallo.

Esto lleva a un replanteamiento en las tareas proactivas que RCM divide en las siguientes 3 categorías:

- Tareas de Reacondicionamiento: Reparar un componente sin importar su condición antes de que llegue a la falla.
- Tareas de sustitución cíclica: Cambio de un componente, sin importar su condición antes de que llegue a su falla.
- Tareas a Condición: La base para estas tareas con actividades de mantenimiento predictivo, condición operacional o monitoreo y revisión periódica que deciden las acciones a tomar.
- Decidir si otras estrategias de gestión de fallas pueden ser más efectivas (cambios de una sola vez).

Cuando las actividades propuestas no son efectivas se propone detección de errores o fallas periódica, por otro lado también existe el rediseño a partes físicas del componente y libre de mantenimiento cuando existe el caso que se puede despreciar o asumir la falla del componente.

4.2.4 Metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. El mantenimiento centrado en fiabilidad se basa en el análisis de fallos, tanto aquellos que ya han ocurrido, como los que se están tratando de evitar con

determinadas acciones preventivas como por último aquellos que tienen cierta probabilidad de ocurrir y pueden tener consecuencias graves.

La metodología en la que se basa RCM supone ir completando una serie de fases para cada uno de los sistemas que componen la planta, a saber:

Fase 0: Codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando. Recopilación de esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc.

Fase 1: Análisis detallado del funcionamiento del sistema. Listado de funciones del sistema en su conjunto. Listado de funciones de cada subsistema y de cada equipo significativo integrado en cada subsistema.

Fase 2: Establecer los fallos funcionales y fallos técnicos. La norma SAE JA1011 define una falla como a la incapacidad de un activo para realizar la función para la cual fue diseñado.

Fase 3: Determinar los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior

Fase 4: Análisis de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, importantes o tolerables en función de esas consecuencias

Fase 5: Establecer las medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

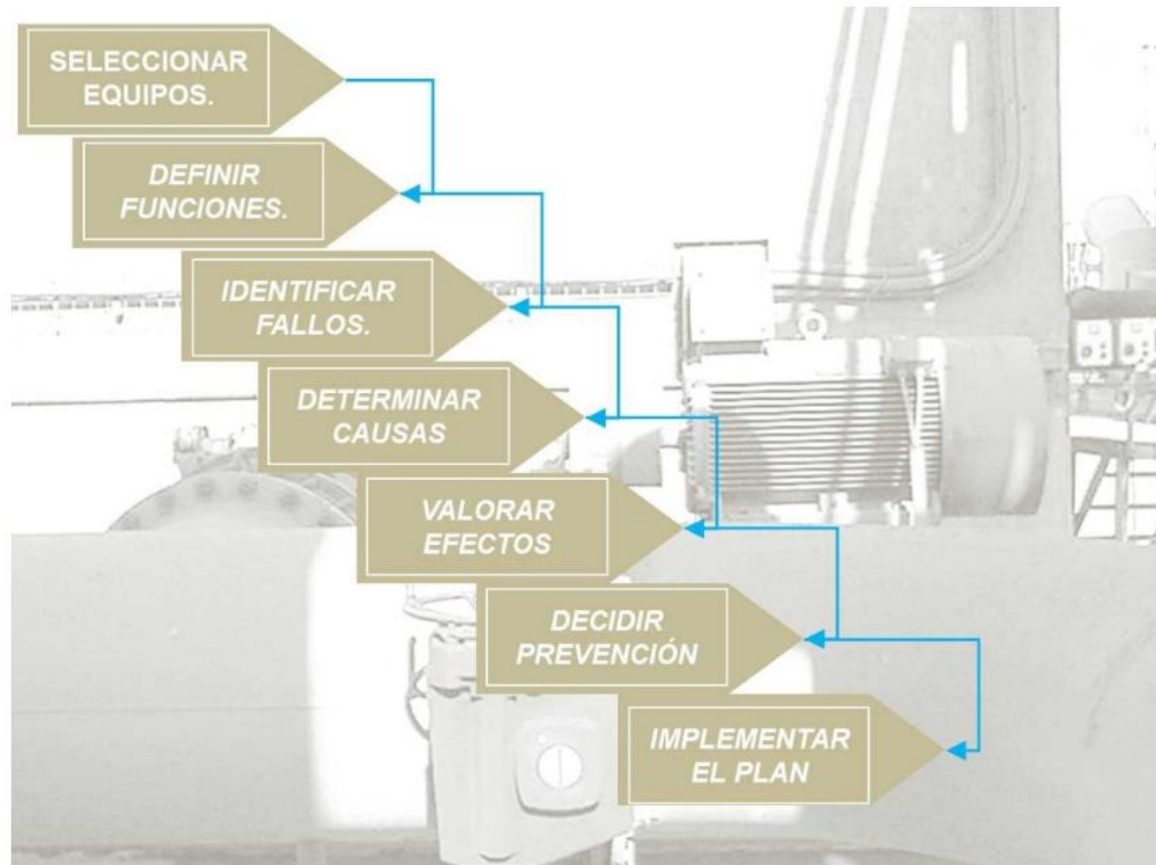
Fase 6: Concentrar las medidas preventivas en sus diferentes categorías. Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación y procedimientos de operación y de mantenimiento

Fase 7: Planeación y ejecución de las medidas preventiva⁹

A continuación, se ilustra los pasos del diagrama de decisión del RCM:

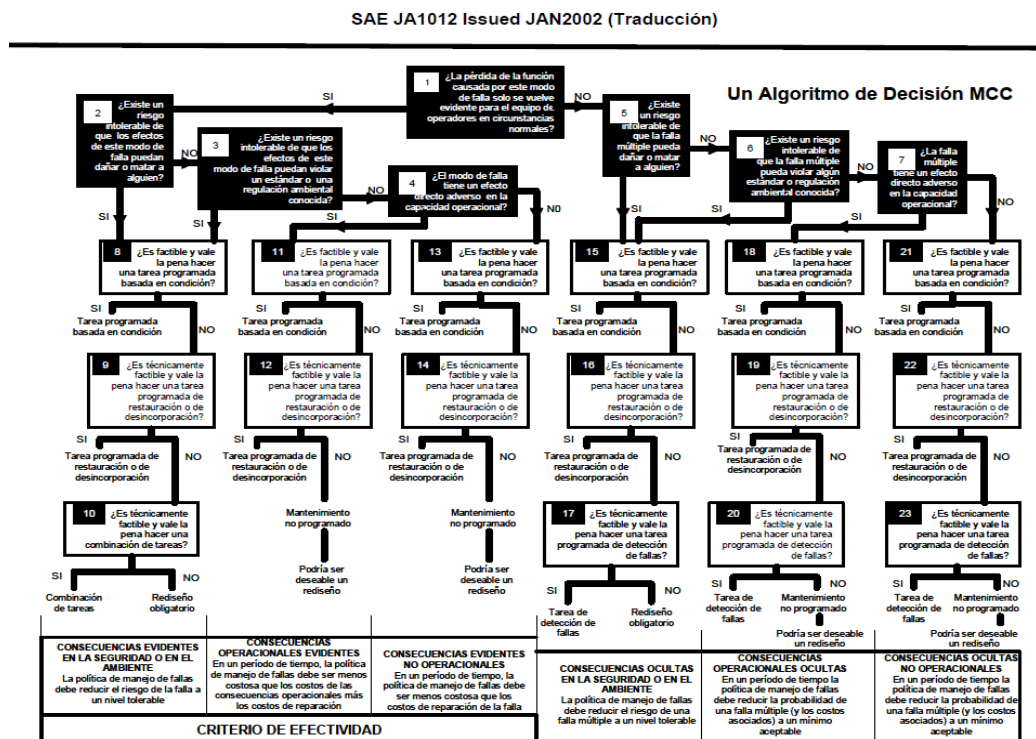
⁹ Mantenimiento Petroquímica (s,f) en mantenimiento petroquímica. Tomado el 1 de septiembre de 2019 <http://www.mantenimientopetroquimica.com/index.php/el-objetivo-del-rcm-y-las-fases-del-proceso>

Gráfico 5. Diagrama de flujo de RCM



Fuente: 2017. <http://www.ingenieriamantenimiento.org/analisis-de-fallos/rcm-mantenimiento/>. [En línea] 15 Marzo de 2017. [Citado el: 5 Mayo de 2018]

Gráfico 6. Diagrama de decisión metodología RCM



Fuente : SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes

4.2.5 Impresora tipo Flexo Folder Gluer. Impresión Flexográfica. Se caracterizan por ser máquinas que basan su sistema de impresión en la flexografía, la cual consiste en un sistema de dosificación de tinta de forma rotativa a clisés flexibles (generalmente fotopolímero o hule) de alto relieve, que a su vez transmiten la imagen a la plancha de cualquier tipo de material (plástico, papel, cartón etc...), es un método de impresión semejante al de un sello de imprenta.

El proceso de impresión flexográfica en la industria del cartón es uno de los más usados en el mundo, dado que permite un mayor número de reproducciones a un bajo costo.

Una impresora tipo folder esta normalmente conformada por:

- Cuerpo alimentador.
- Cuerpo impresor (estos pueden ser tantos como colores requiera la impresión).
- Cuerpo ranurador.
- Unidad engomadora.
- Sección folder o dobladora.
- Counter ejetor (contador expulsor.)

Estos cuerpos o unidades se abren y cierran entre sí, dando espacio entre cuerpos para cambio de la plancha de impresión, ajustes de cambio de pedido, limpieza, entre otros.

Gráfico 7. Impresora tipo Flexo Folder Gluer Marquip Ward.



Fuente: 2019. [http:// www.marquipwardunited.com/machines/finishing/flexo-folder-gluer/](http://www.marquipwardunited.com/machines/finishing/flexo-folder-gluer/). [En línea] 13 Enero de 2019 [Citado el: 5 de Julio de 2019]

4.2.5.1 Cuerpo alimentador. Es el primer cuerpo de la máquina, en este se realiza el ingreso de las láminas de cartón que serán impresas, cortadas, dobladas y engomadas y así fabricar la caja.

El cuerpo alimentador lo componen los siguientes sistemas:

- Sistema de vacío: Este sistema está conformado por rotores que generan una presión negativa en la lámina que se alista para ingresar a la máquina, haciendo que el sistema de tracción o correas quede siempre en contacto con la lámina y no se derrape en el ingreso.
- Sistema de correas de alimentación: Este sistema no es igual en todas las máquinas las cuales varían en su diseño y marca de fabricante, para este caso de estudio, se tratará el sistema de correas que es quien se encarga de arrastrar la lámina hasta los rodillos de alimentación.

Gráfico 8. Correas de alimentación impresora tipo FFG



Fuente: 2019. <https://bwpapersystems.com/brands/marquipwardunited-corrugating> [En línea] 13 Enero de 2019 [Citado el: 5 de Julio de 2019]

- Rodillo de alimentación Metálico y Rodillo de alimentación de Caucho: Estos rodillos son quienes reciben la lámina de las correas de tracción y la introducen en el cuerpo de impresión. Esta dispuesto un rodillo en caucho para facilitar el

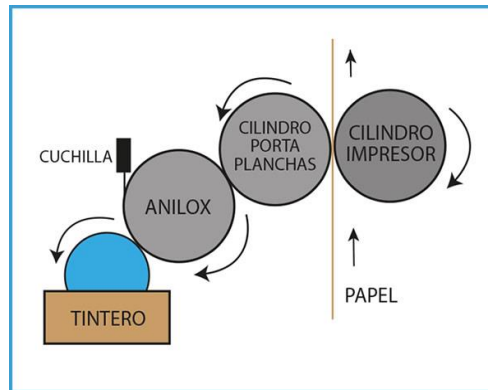
agarre de la lámina, estos rodillos mantienen un espacio entre los dos con el fin de que pase la lámina sin llegar a aplastarla.

4.2.5.2 Cuerpo impresor. Es el encargado de darle la impresión a la lámina de cartón y entregarla al cuerpo siguiente. Estos pueden ser tantos como se requiera, para el caso de estudio se contemplan dos cuerpos impresores.

El cuerpo Impresor está conformado por los siguientes componentes:

- **Rodillo Portaclisé:** A este rodillo se adhiere el clisé o plancha que se desea imprimir en la lámina.
- **Rodillo Contra impresor:** Este rodillo soporta la lámina en el momento de impresión, de forma más específica es quien sirve de soporte a la lámina mientras el rodillo Portaclisé imprime sobre ella.
- **Rodillo Anilox:** Este rodillo lleva gravadas celdas microscópicas las cuales están inmersas en la recámara de tinta, estas se llenan y dosifican la tinta al clisé para que se pueda imprimir en la lámina de cartón.
- **Cámara de Tinta:** Es el recipiente al cual se bombea la tinta desde la cubeta de tinta hasta el interior de la máquina, aquí está parcialmente inmerso el rodillo Anilox, algunas recamaras tienen un rodillo de caucho que limita la película en el rodillo Anilox o un sistema raspador conocido como rasqueta

- Gráfico 9. Sistema de impresión flexográfica.



Fuente:2019.<https://bwpapersystems.com/brands/marquipwardunited-corrugating>
 [En línea] 13 Enero de 2019 [Citado el: 5 de Julio de 2019]

4.2.5.3 Cuerpo Ranurador. En este cuerpo se marcan los dobleces en la lámina de cartón, y se realizan las ranuras para las tapas que conforman y cierran la caja, este cuerpo soporta cuchillas que realizan los cortes y deja lista la pestaña para poder pegar y armar la caja.

El cuerpo Ranurador está conformado por:

- Juego de Scores Macho y Scores Hembra: Son piezas de metal con relieve positivo y negativo para poder marcar la lámina de acuerdo al ancho de la misma, estos se posicionan de teniendo en cuenta las dimensiones de la caja para poder facilitar el armado.

Gráfico 10. Juego de scores Macho y Scores Hembra impresora tipo FFG



Fuente: 2019.<https://machinecompare.com/ads/50-x-113-1-color-ward-flexo-folder-gluer/> [En línea] 13 Enero de 2019 [Citado el: 5 de Julio de 2019]

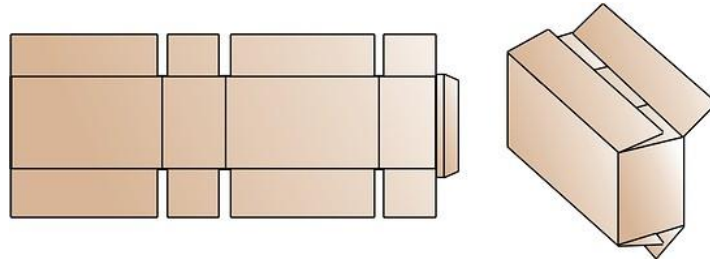
- Juego de cuchillas superiores y masas inferiores: En este cuerpo cuchillas son dispuestas en la parte superior para poder realizar cortes en la lámina que faciliten el cierre de las tapas tanto inferior como superior, por lo que la cuchilla realiza el corte sobre la lámina soportándose sobre la masa inferior y así poder cerrar el corte sin que se rasgue o se destruya la lámina.

Gráfico 11. Juego de cuchillas Macho y Masas Hembra impresora tipo FFG



Fuente:2019.http://empaq.com.mx/?p=detalle_producto&m=15&c=110&d=222/ [En línea] 13 Enero de 2019 [Citado el: 5 de Julio de 2019]

Gráfico 12. Vista cortes y scores de caja regular marcados en lámina de cartón



Fuente: 2019. <http://www.barcademexico.com/cajas/cajacontraslape.htm/> [En línea] 13 Enero de 2019 [Citado el: 5 de Julio de 2019]

4.2.5.4 Unidad dobladora o Folder. En esta unidad se doblan las caras de la caja hechos previamente por los scores y se fija el peque de la caja. A través de este se lleva también la caja hasta el counter ejector.

Gráfico 13. Unidad dobladora o foldeadora



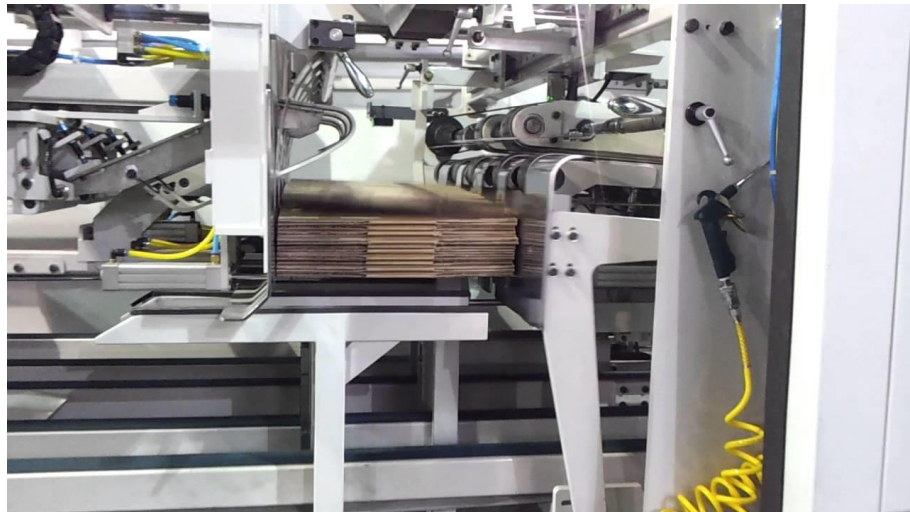
Fuente: 2019. [http://www.acorsys.es/es/desmontaje-y-carga-flexo-folder-gluer-en-alemania//](http://www.acorsys.es/es/desmontaje-y-carga-flexo-folder-gluer-en-alemania/) [En línea] 13 Enero de 2019 [Citado el: 5 de Julio de 2019]

La unidad dobladora está conformada por:

- Sistema de vacío: Este sistema está conformado por rotores que generan una succión sobre la lámina adhiriéndola a las correas de transmisión.
- Correas de transmisión: Estas correas cumplen con la función de transportar la lámina saliente del cuerpo ranurador a través del sistema de doblez los cuales fueron marcados previamente por los scores en el cuerpo ranurador.
- Sistema de doblez: En este sistema es forzada la lámina a doblar y armar, por medio de guías que al desplazar la lámina por acción de las correas “dobla” las caras de la caja plegándola y juntando el pegue.

4.2.5.5 Counter Ejector.

Gráfico 14. Arrumado de cajas en counter ejector impresora tipo FFG



Fuente: 2019. http://en.china-nantai.com/products_detail/productId=64.html/ [En línea] 13 Enero de 2019 [Citado el: 5 de Julio de 2019]

Rodillos de entrada: Son los rodillos que reciben la lámina de la folder y la acomodan sobre el sistema de trinchos que van arrumando las cajas a medida que van entrando al counter.

Sistema de trinchos y relevos: Este sistema recibe las cajas previamente ingresadas por los rodillos de entrada, y la entrega al sistema de relevo que las recibe antes de entregarlas al sistema de expulsión de la máquina.

Sistema de Expulsión: Este sistema viene acoplado con un cilindro neumático que una vez recibe el arrume de cajas del sistema de relevo, efectúa el desplazamiento de un empujador, entregando el arrume de cajas unas bandas que lo sacan de la máquina para poder ser amarrado y estibado.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE RCM A LA MÁQUINA WARD FFG 12000

5.1 ELEMENTO DE ESTUDIO

Impresora Ward tipo FFG 12000 serie 12128. Modelo 1998 Marca Americana.

5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO

Tabla 1. Información Técnica del equipo.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO	
Motor	60 HP
Presion Aire	110 psi
Consumo CFM's	150 CFM's
Colores	1 color
Vel diseño	13600 BPH Cajas Por Hora
Diámetro Portaclaris	50"
Longitud Portaclaris	113"

5.3 CONTEXTO OPERACIONAL

Tabla 2. Información condiciones Operacionales.

CONDICIONES OPERACIONALES	
Perspectivas de Producción	Fabricación de cajas de Cartón corrugado
Ambiente de Operación	Máquina operativa en la ciudad de Bogotá D.C, humedad 52%, Temperatura 10°C – 25°C.
Sistema de Control	Control Lógico PLC.
Tiempo de Operación	19 Turnos de 8 Horas c/u (152 Horas Semanales)
Tiempo asignado a mantenimiento	2 turnos de 8 horas al mes.
Estándares de Calidad	NTC 452, estándar de producción.
Personal de Operación	Tripulación de 4 operarios para operación de máquina.
Velocidad de Operación	13600 cajas/hora. Velocidad de Diseño. Depende de factores operacionales y productivos.

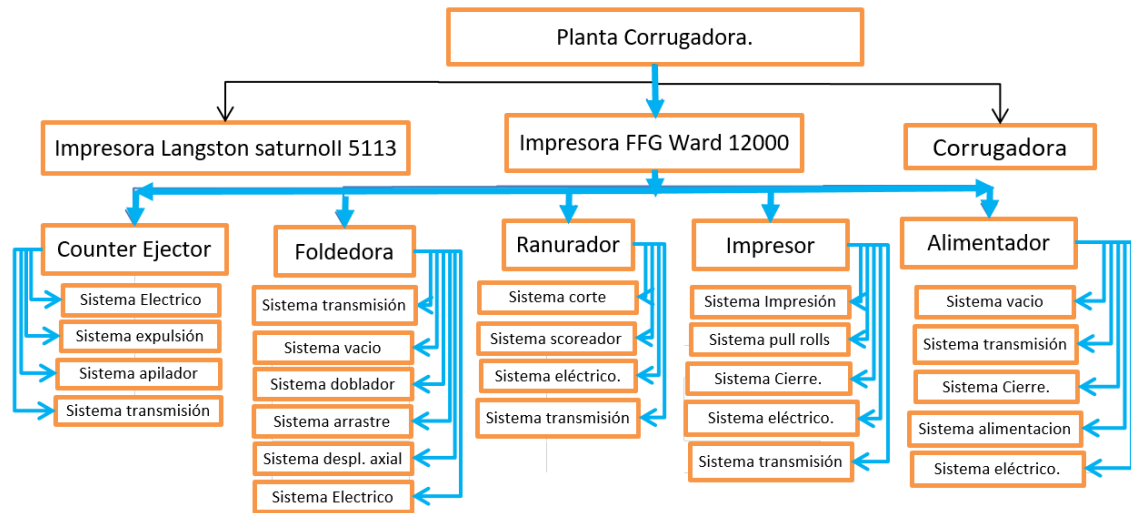
5.4 LÍMITES Y FRONTERAS

Para empezar con la aplicación de la metodología, es primordial la definición de límites y fronteras de los equipos y subsistemas para así poder generar un mejor análisis al igual que una perspectiva más clara de la función y fallas y modos de falla del equipo.

El límite o frontera para este equipo abarca desde el cuerpo alimentador de la máquina, hasta el counter ejector.

A continuación, se representa gráficamente los límites sistemas y subsistemas para el equipo en cuestión:

Gráfico 15. Diagrama de jerarquización de equipos



Esta es la representación gráfica estructural de donde se encuentra el equipo, tal como se describió en el capítulo anterior es una impresora de cajas de cartón corrugado de un color Ward FFG 12000 serie 12128, año de fabricación 1998, a su vez es descompuesto y delimitado en cada subconjunto el cual hace una operación distinta en la máquina, y a su vez es derivado en varios sistemas los cuales se analizarán independientemente para determinar sus modos y efectos de falla. La impresora actualmente cuenta con un 95% aproximado de su originalidad salvo por los siguientes cambios:

- Cambio diseño guías de salida paquete (Sistema de Expulsión – Counter Ejector) Octubre 2010.
- Cambio de recámara depósito de Tinta (sistema de impresión - Impresor, actualización adquirida directamente al fabricante. Abril 2017.
- Cambio de masa rasuradora (sistema de corte - Ranurador) superior central. Cambio de Material, diseño y ajuste. Abril 2019.
- Cambio de rodillo Metálico (sistema de alimentación - Alimentador), rodillo original solicitado al fabricante. Mayo 2019.

Gráfico 16. Línea de Impresión Flexo Folder Ward 12000



Actualmente la Máquina cuenta con una confiabilidad del 90%, el plan de mantenimiento existente se basa en recomendaciones de ajustes, calibración, cambios periódicos estipulados por el fabricante, así como las actividades que por experiencia en la operación por generar algún tipo de paro de máquina y mantenimiento correctivo se determinó para ejecución, intervención, inspección y revisión en mantenimiento preventivo.

5.5 INTERFASES

Entradas: Energía Eléctrica:

La máquina requiere para su funcionamiento energía eléctrica para poner a funcionar todo el control y la generación de transmisión de potencia.

Tabla 3. Cuadro de entrada Energía Eléctrica a máquina

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS
Energía Eléctrica	Motor principal	60 Hp
		440v
		1750 rpm
	Motor reductor cierre	DC
		5 HP
		440v
	Motor de ajuste excéntricas	50 rpm
		AC
		Motor paso a paso
		Motor desplazamiento Collarines
		Motor paso a paso
		Motores de ajuste y posicionamiento
		Motor paso a paso
Servomotores Expulsion paquete	servomotor	
PLC's, controladores y componentes electrónicos	Tablero Electrónico	
Pantallas de ingreso y visualización de información	Pantallas de mando	
ventiladores de vacío	Motores AC	

Energía Neumática:

Requiere energía neumática para controlar por medio de electroválvulas cilindros neumáticos para diferentes necesidades.

Tabla 4. Cuadro de entrada Energía Neumática a máquina

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
Energía Neumática	Cilindros de cierre
	Cilindros levantar anilox
	bombas Neumáticas sistema impresión
	Cilindros tensión banda sistema arrastre
	Cilindro de expulsión sistema expulsión

Materias Primas:

La Materia prima utilizada son láminas de cartón corrugado de diferentes alturas, fabricadas a su vez con papel craft de distintos gramajes y composición que pasan por una corrugadora y dos tipos de corte, (longitudinal y transversal) para dimensionar cada lámina a cada necesidad del cliente.

Tabla 5. Cuadro de entrada Materias Primas a máquina

ENTRADAS	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS
Materia Prima	Láminas de Cartón	Cartón corrugado Flauta C, B, dole Pared
	Pegamento PVA	acetato de polivinilo o PVA
	Tinta de Impresión base agua	Tinta a base de agua

Salidas:

Como primera salida está el producto transformado por la máquina, que son cajas de cartón corrugado, tipo regular impresas, cortadas y dobladas listas para cualquier uso.

Como salidas de proceso se encuentra el refile de cartón que es lo que se corta para definir la caja y el agua de proceso después de limpieza de sistema de impresión.

Como salidas inherentes, están el ruido, el calor y el material Particulado

Tabla 6. Tabla de salidas de máquina

SALIDAS	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS
Aprovechable	Cajas de carton tipo regular	Cajas de carton tipo regular diferentes dimensiones
Desperdicio de proceso	Refile de cartón	Desperdicio generado por el corte.
	Agua Tintas (Generadas en la Limpieza)	Agua con Pigmentos y solidos disueltos
Inherentes	Ruido	Generados de la transmisión de piñones
	Material Particulado	generados por el corte de material
	Calor	Motores.

5.6 FUNCIONES

5.6.1 Funciones Primarias. De acuerdo al diseño y el fin de la máquina impresora Ward FFG 12000, cada actividad realizada por los diferentes componentes de la máquina se cataloga como función principal de toda la máquina que es la conversión de una lámina de cartón en una caja tipo regular totalmente terminada.

Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.

Esta función consiste en el ingreso de la lámina de cartón a procesar, a través del cuerpo alimentador para toda la máquina. Es el primer paso y primera función ya que de aquí parte todo el proceso que se ejecutará sobre la materia prima, cada lámina es arrastrada por las bandas del cuerpo alimentador la cual entra a un tiempo de sincronismo de acuerdo a la velocidad de la máquina para que el proceso de impresión flexográfica, marcado y ranurador pueda llevarse a cabo dentro de un tiempo específico.

Para esto cuenta con un sistema de vacío que acerca cada lámina hacia las correas de arrastre para que cada lámina avance al interior del cuerpo y entre en contacto con los rodillos alimentadores que a su vez están girando en sentido de avance hacia el interior de la máquina, estos rodillos la entregaran al siguiente cuerpo en este caso el impresor para que avance en su proceso de producción.

Función Primaria 2. Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador: Esta función consiste en la impresión estampada por el clisé en la lámina de cartón. En este proceso el rodillo Anilox que está parcialmente inmerso en la recámara de tinta es transporta tinta en sus celdas cerámicas para impregnar de tinta el clise y así estampar el clisé en la lámina de cartón, este cuerpo tiene seguido del sistema de impresión un sistema de transportadores (sistema pull roll) que recibe la lámina del sistema impresor y la entrega al cuerpo ranurador.

Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina: Esta función consiste en el marcado de la lámina de cartón que es por donde deberá ser doblada para poder armar la caja posteriormente, el ranurador consiste en pequeños cortes para formar las tapas que cerraran la caja (bases y tapas), una vez se ha completado estos dos procesos se entrega al sistema de foldeo (doblador).

Función Primaria 4: Esta función consiste en el transporte de la lámina previamente salida del cuerpo ranurador, y la arrastra a través de todo el sistema doblador para formar la caja. El arrastre lo hace por medio de dos bandas que contiene huecos pro los cuales se genera una succión generada por el sistema de vacío haciendo que la lámina se adhiera a la banda para que pueda arrastrase y generar el doblado de 2 de las caras de la caja y llevarla hasta el counter ejector.

Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina. La caja se apila en un sistema que va en descenso de acuerdo a la llegada de cada caja, luego el sistema de expulsión baja el arrume y pro medio de un cilindro neumático con un tope lo expulsa a través de unas guías en teflón, el sistema apilador cuenta con un relevo transitorio para las cajas que están llegando se puedan ir apilando de forma continua mientras expulsa el arrume que está terminado.

5.6.2 Funciones Secundarias.

Función secundaria 1: contener el nivel de tinta dentro de la recámara de tinta.

Función secundaria 2: Contener el nivel de lubricante para el sistema de transmisión de la máquina.

Función secundaria 3: Mantenerse cerrada la máquina mientras trabaja la máquina cada función primaria.

5.7 DETERMINACIÓN DE FALLOS FUNCIONALES

Para la concentración de toda esta información se tomó en cuenta el histórico de averías, consultas al personal técnico de mantenimiento y producción y generando un análisis individual sobre cada sistema y su función principal como parte integral de todo el mecanismo.

Para todo el sistema fueron determinados un total de 23 fallas funcionales expuestas en la siguiente tabla:

Tabla 7. Fallas Funcionales FFG Ward 12000

Fallas Funcionales FFG WARD 12000		
Equipo	Función Principal	Fallas Funcionales
Alimentador	Función Primaria (FP1)	4
Impresor	Función Primaria (FP2)	5
Ranurador	Función Primaria (FP3)	9
Folder	Función Primaria (FP4)	2
Counter Ejector	Función Primaria (FP5)	4

Nota: Dentro de la tabla RCM disponible en anexos se encuentra toda la descripción, desarrollo y ponderación de los modos de falla.

5.8 DETERMINACIÓN DE MODOS DE FALLA

Cada fallo funcional puede presentar múltiples modos de fallo, tantos como sean lógicamente posibles, generalmente es bueno definir el alcance y con qué grado de profundidad queremos llegar a la definición de modos de fallo dado que excesivos pueden llegar a ser poco fructuosos, magnificando el sistema y por lo tanto se generará un plan de mantenimiento que será muy complejo de cumplir y no funcionará, al igual que los recursos deberán ser muy grandes para que el plan tenga éxito.

Es por esto que los modos de fallo determinados con totalmente precisos y factibles de acuerdo a la normal operación de la máquina.

Para las fallas funcionales establecidas en el paso anterior, se asocian 97 modos de la siguiente manera en la siguiente Tabla:

Tabla 8. Modos de falla FFG Ward 12000

Fallas Funcionales FFG WARD 12000		
Equipo	Función Principal	Modos de Falla
Alimentador	Función Primaria (FP1)	25
Impresor	Función Primaria (FP2)	21
Ranurador	Función Primaria (FP3)	16
Folder	Función Primaria (FP4)	17
Counter Ejector	Función Primaria (FP5)	18

Nota: Dentro de la tabla RCM disponible en anexos se encuentra toda la descripción, desarrollo y ponderación de los modos de falla.

5.9 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Para el análisis de criticidad de modos de falla se ha apoyado en la matriz de probabilidad vs consecuencia, visto en clase de especialización en Gerencia de Mantenimiento que para el caso de estudio está acorde con los parámetros que se necesitan evaluar y ponderar.

Con la siguiente matriz, se asigna la valoración teniendo en cuenta 4 factores indispensables que exige la norma SAE JA 1012, los cuales evalúa el riesgo ambiental, Humano, Económico, e imagen empresarial sobre cada Modo de falla en tal caso que llegara a presentarse.

A Continuación, se ilustra la matriz de criticidad utilizada para desarrollar el análisis:

Tabla 9. Matriz de criticidad.

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	PROBABILIDAD						
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN		IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE	
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	>13000us	Internacional	Catastrofico	1						
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 13000 - 8000us	Nacional	Critico	2						
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE 8000 - 4000us	Regional	Marginal	3						
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE 4000 - 1000us	Local	Insignificante	4						
Nunguna	No afecta el medio ambiente	<1000us	Ninguno	Ninguno	5						
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						A	B	C	D	E	F

Perdida económica por lucro cesante día 2000 US

Nota: Dentro de la tabla RCM disponible en anexos se encuentra toda la descripción, desarrollo y ponderación de los modos de falla.

Nota: Durante este análisis de criticidad se involucró en el valor económico del riesgo el valor de lucro cesante que genera una parada no programada de cada hora en 2000 US (estimados)

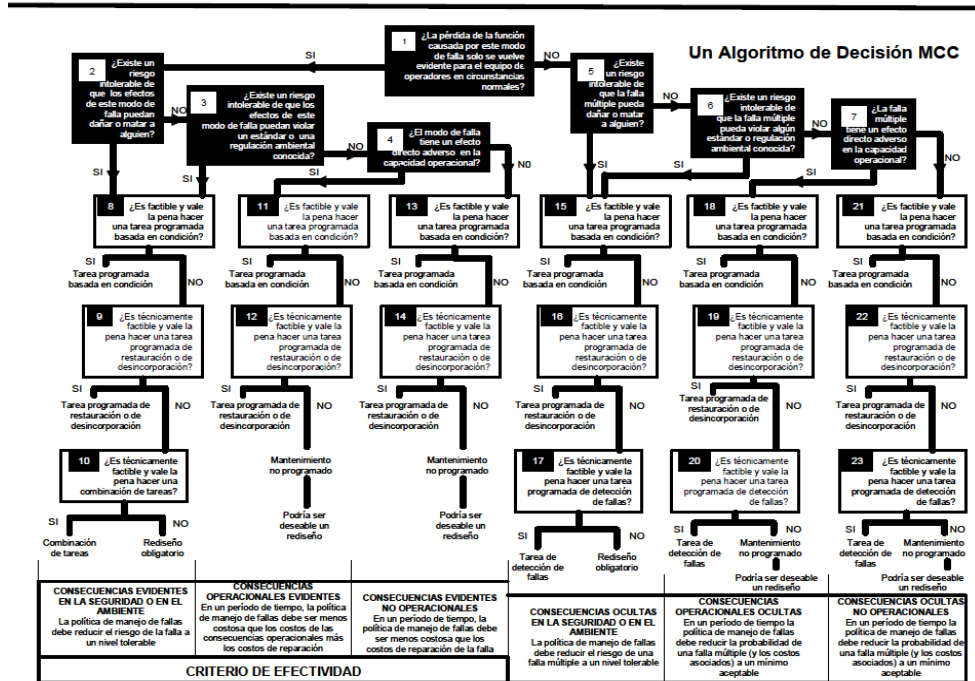
5.10 LISTADO DE TAREAS

Una vez generada la ponderación de cada modo de falla, se procede con el algoritmo de decisión dispuesto en la norma SAE JA1012 para el análisis de cada modo de falla y generar una actividad propuesta para mitigar, controlar, eliminar la probabilidad de ocurrencia de cada uno.

A continuación, se muestra el diagrama u algoritmo de decisión utilizado en el análisis de cada modo de falla:

Gráfico 17. Algoritmo de decisión Mantenimiento Centro en Confiabilidad (RCM)

SAE JA1012 Issued JAN2002 (Traducción)



Fuente: SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes

Nota: Dentro de la tabla RCM disponible en anexos se encuentra toda la descripción, desarrollo y ponderación de los modos de falla y listado de Tareas.

5.11 ACTUALIZACIÓN DEL PLAN

Actualmente se cuenta con un plan de mantenimiento de un alcance muy corto lo cual se evidencia en el alto índice de tiempos muertos por varadas inesperadas generando largas paradas de mantenimiento correctivo, baja productividad y condición de máquina actual.

Para poder llevar a cabo con éxito el plan que aquí se establece, este debe ir acompañado de la generación de procedimientos que permitan la estandarización de las actividades realizadas por el departamento de mantenimiento durante la parada de la máquina.

De la mano con un nuevo plan de mantenimiento también se debe generar una renovación hacia el interior del departamento buscando fortalecer debilidades de los técnicos empoderándolos en sus actividades y generando responsabilidades directas sobre la operación.

Parte del fortalecimiento del departamento de mantenimiento está el enfoque que se le debe dar hacia la gestión de la información, ya que parte del control y toma de decisiones sobre intervenciones de mantenimiento debe estar basado en reportes generados por los técnicos del departamento reportando condiciones durante la inspección.

6. CONCLUSIONES

- Una parte importante a considerar para la intervención y priorización de actividades es el Valor económico del riesgo ya que, al no tener afectación de pérdidas humanas, ambientales o de imagen empresarial, fue tenido en cuenta el costo de parada de producción por cada hora de mantenimiento correctivo, lo cual pocas empresas tienen en cuenta.
- Algunos modos de falla se estipularon de correr a falla dado que son repuestos consumibles que son especialmente diseñados para esta máquina los cuales no tienen reparación aquí en Colombia y no cuenta con un modo fácil de intervención y tampoco un cambio en el diseño, y lo que ha generado confianza es el manejo de este repuesto como elemento crítico en almacén.
- A medida que se empiece con la puesta en marcha del plan de mantenimiento es indispensable tener en cuenta el manejo de la información de las inspecciones realizadas por el personal técnico ya que para la toma de decisiones se debe en cuenta el historial de inspecciones del equipo.
- Es necesario el apoyo y la incursión en paradas de mantenimiento de personal contratista calificado que ofrezca ventajas adicionales que resulten en confiabilidad para la máquina como planes de monitoreo predictivo entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

CUBIDES, Holman Enrique. Estudio y desarrollo del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para la atracción montaña rusa del parque de atracciones salitre mágico Bogotá. Trabajo de grado Gerente de Mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería, 2017. 127p.

FAJARDO, Hugo Alberto. Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para la extrusora de plástico JHS 45 de la empresa Arneses y Gomas S.A. Trabajo de grado Gerente de Mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería, 2017. 67p.

MONTENEGRO, Rafael Antonio. Diseño de un programa de mantenimiento para una impresora flexográfica. Trabajo de grado Gerente de Mantenimiento. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería, 2014. 145p.

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004.

NAVARRO, Juan. Técnicas de Mantenimiento Industrial. Calpe Institute of Technology, 2007

SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999. 30p.

7. ANEXOS

Anexo A: AMEF DE FFG WARD 12000.

Matriz utilizada para análisis de todas las funciones primarias, modos de falla, análisis y ponderación.

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF1FP1	No Alimentación	Motor quemado por sobrecalentamiento	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Daño de aislamiento de motor. Reparación de motor	\$2.000	NO	C5	C5	C4	C5	\$ 10.000	11	Inspección por condición megado; Vibraciones	Trimestral	Equipo Megger, personal de mantenimiento, contratista mtto predictivo
2	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF2FP1	No Alimentación	Motor quemado por sobrecalentamiento (falla Blower de refrigeración.)	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Daño de aislamiento de motor. Reparación de motor	\$2.000	NO	C5	C5	C4	C5	\$ 10.000	11	Inspección por condición megado; Vibraciones	Trimestral	Equipo Megger, personal de mantenimiento, contratista mtto predictivo
3	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF3FP1	No Alimentación	Rotura de rodamientos por falta de lubricante	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Daño de rodamientos de motor. Reparación de motor	\$2.000	SI	C5	C5	C4	C5	\$ 10.000	11	Inspección, ruta de lubricación	Mensual (Horometro)	Personal de mantenimiento Lubricador, bomba lubricación.
4	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF4FP1	No Alimentación	Rotura correa de transmisión por desgaste	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Cambio de correa	\$500	NO	C5	C5	C4	C5	\$ 2.500	11	Inspección por condición, ruta Inspección transmisiones por correas, poleas y cadenas.	Trimestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
5	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF5FP1	No Alimentación	Rotura de espigos rodillo metálico por fatiga	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 30 Horas. Reparación de espigos	\$3.000	NO	A5	A5	A1	A5	\$ 50.000	12	Cambio de diseño se sujeción de espigos. Flanchados atornillados (Cambio diseño ya realizado en máquinas similares)	Sujeto a programación para ejecución.	Contratista, taller mecánico.
6	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF6FP1	No Alimentación	Rotura de piñones caja transmisión sistema de transmisión por falta de lubricante	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 30 Horas. Faricación o cambio de piñonería	\$5.000	NO	A5	A5	A1	A5	\$ 50.000	11	Inspección del nivel de aceite del equipo, ruta de Lubricación.	Mensual (Horometro)	Personal de mantenimiento Lubricador, bomba lubricación.
7																

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
8	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF7FP1	Alimenta a destiempo	Desajuste de caja de transmisión eje de correas de alimentación	Se produce movimiento normal de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por una hora, ajuste de backlash		NO	A5	A5	E5	A5	\$ 2.000	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Anual	Personal de mantenimiento Mecánico.
9	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF8FP1	Alimenta a destiempo	Rotura de piñones caja de transmisión correas de alimentación. Por falta de lubricación	Se produce movimiento anormal de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por 12 horas	\$ 20.000	NO	A5	A5	B1	B5	\$ 44.000	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Anual	Personal de mantenimiento Mecánico.
10	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF9FP1	Alimenta a destiempo	Rotura de eje de piñón loco caja de transmisión correas alimentación. Por fatiga mecánica	Se produce movimiento anormal de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por 12 horas	\$ 20.000	NO	A5	A5	B1	B5	\$ 44.000	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Anual	Personal de mantenimiento Mecánico.
11	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF10FP1	Alimenta a destiempo	Correas de alimentación desgastadas por desgaste operacional.	Se produce movimiento normal de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por una hora, ajuste de backlash	\$ 2.000	NO	A5	A5	D4	D5	\$ 2.000	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Anual	Personal de mantenimiento Mecánico.
12	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF11FP1	Alimenta a destiempo	Daño de poleas de correas de alimentación por rodamientos pegados	Se produce movimiento normal de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por 12 horas, cambio de poleas y correas	\$ 3.500	NO	A5	A5	D4	D5	\$ 3.500	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Anual	Personal de mantenimiento Mecánico.
13	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF11FP1	Alimenta a destiempo	Daño de sensor de sincronismo por fatiga	Se produce movimiento normal de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por 1 hora, cambio de sensor de sincronismo	\$ 80	SI	A5	A5	B5	B5	\$ 2.080	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Anual	Personal de mantenimiento Mecánico.

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US\$)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF11FP1	Alimenta a destiempo	Rotura rodamientos rodillos alimentación por falta de lubricación	Se produce movimiento anormal de maquina con exceso de vibración mecánica. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por 8 horas, cambio de rodamientos	\$ 80	SI	A5	A5	B5	B5	\$ 16.080	11	Inspección, ruta de lubricación	Mensual (Horometro)	Personal de mantenimiento Lubricador, bomba lubricación.
14	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF12FP1	Alimenta a destiempo	Rotura de seguidores de leva caja camco por falta de lubricación	Se produce movimiento anormal de maquina con exceso de vibración mecánica. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por 12 horas, reparación de caja camco	\$ 3.000	SI	A5	A5	B2	B5	\$ 27.000	11	Inspección del nivel de aceite del equipo, ruta de Lubricación.	Mensual (Horometro)	Personal de mantenimiento Lubricador, bomba lubricación.
15	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF12FP1	No Alimenta	Rotura de seguidores de leva y/o levas por fatiga / desgaste	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 24 Horas. Daño de aislamiento de motor. Reparación de caja Camco	\$ 13.000	SI	A5	A5	B1	B5	\$ 61.000	11	monitoreo de condición por vibraciones	Semestral	Personal de mantenimiento, contratista mto predictivo
16	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF12FP1	Alimenta en forma diagonal	Reductor quemado por sobrevoltaje o sobrecarga	No se produce ningún tipo de movimiento en las guías de entrada. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Cambio de motor de guías.	\$ 2.000	SI	A5	A5	D4	D5	\$ 6.000	12	Correr a falla	Condición	Personal de mantenimiento Mecánico.
17	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF13FP1	Alimenta en forma diagonal	Rotura de piñones sistema de apertura de rodillos de alimentación	Se produce movimiento normal de maquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por una hora, cambio de piñones y paralelismo de rodillos.	\$ 1.000	NO	A5	A5	B4	A5	\$ 3.000	11	Correr a falla	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
18	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF13FP1	Alimenta en forma diagonal	Juego radial entre piñones por desgaste operacional	Se produce movimiento normal de maquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por una hora, cambio de piñones y paralelismo de rodillos.	\$ 1.000	NO	A5	A5	B4	A5	\$ 3.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición	Personal de mantenimiento Mecánico.
19																

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
20	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF14FP1	Alimenta en forma diagonal	Desgaste parcial de la totalidad de correas de alimentación	Se produce movimiento normal de maquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Linea de producción parcialmente detenida por 1 Hora.	\$ 3.000	NO	A5	A5	A4	A5	\$ 5.000	12	Tarea programada de restauracion overhaul.	Anual	Personal de mantenimiento Mecánico.
21	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF15FP1	Alimenta en forma diagonal	Motor sistema de vacio quemado por sobrevoltaje	No se produce ningun tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Linea de producción detenida por 8 Horas. Daño de aislamiento de motor. Cambio de motor y balanceo dinámico de turbina	2000	SI	A5	A5	A4	A5	\$ 12.000	11	Inspección por condición megado; Vibraciones	Trimestral	Equipo Megger, personal de mantenimiento, contratista mtto predictivo
22	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF16FP1	Alimenta en forma diagonal	Motor sistema de vacio quemado por rodamientos sin lubricación	No se produce ningun tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Linea de producción detenida por 8 Horas. Daño de aislamiento de motor. Cambio de motor y balanceo dinámico de turbina	2000	SI	A5	A5	A4	A5	\$ 12.000	11	Inspección, ruta de lubricación	Mensual (Horometro)	Equipo Megger, personal de mantenimiento, contratista mtto predictivo
23	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF17FP1	Alimenta aplastando el material	Juego radial entre piñones por desgaste operacional	Se produce movimiento normal de maquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Linea de producción parcialmente detenida por una hora, cambio de piñones y paralelismo de rodillos.	\$ 1.000	NO	A5	A5	B4	A5	\$ 3.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición	Personal de mantenimiento Mecánico.
24	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF18FP1	No Alimenta	Fallo sistema electrico electronico de máquina pro fatiga operacional y/o ciclo de vida de componentes.	No se produce ningun tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Linea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de Elemento electrónico	\$ 1.000	SI	A5	A5	B4	A5	\$ 9.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición, actualización Electronica por obsolescencia y ciclo de	Personal mantenimiento electrónico
25	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF19FP1	No Alimenta	Variador de velocidad quemado por sobrevoltaje	No se produce ningun tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Linea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de Elemento electrónico	\$ 5.000	SI	A5	A5	B1	C3	\$ 17.000	12	Correr a falla	Condición	Personal mantenimiento electrónico

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
26	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF20FP1	No Alimenta	Rotura sellos cilindro neumático de cierre sistema cierre de máquina. Maquina queda abierta no cierra.	No se produce ningun tipo de movimiento. No permite arranque de máquina. Suena escape de aire presurizado No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Cambio de cilindro neumático	\$ 500	SI	A5	A5	C4	C5	\$ 2.500	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Semestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
27	Función Primaria 1: Transportar e ingresar la lámina de cartón hacia adentro de la máquina al sincronismo de la máquina en forma paralela y sin aplastar el material.	FF21FP1	No Alimenta	Rotura de gancho de cierre sistema cierre de máquina por fatiga de material	No se produce ningun tipo de movimiento. No permite arranque de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Reparación de sistema cierre	\$ 600	SI	A5	A5	C4	C5	\$ 2.600	11	Inspección por condición, revisión sistema cierre	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
28	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material y entregarlo al cuerpo ranurador	FF1FP2	No Imprime	Daño de bomba Neumática por daño de diafragmas	No se produce ningun tipo de movimiento suena escape de aire. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Horas. Cambio de bomba Neumática	\$ 200	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 2.200	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Cuatrimestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
29	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF2FP2	No Imprime	Daño Bobina de electroválvula por fatiga, sobrecarga, ciclo de vida.	No se produce ningun tipo de movimiento no hay paso de aire. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Horas. Cambio bobina o electroválvula de aire	\$ 200	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 2.100	12	Correr a falla	Condición	Personal mantenimiento electrónico
30	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF3FP2	No Imprime	Ausencia de tinta por taponamiento de manguera	No hay tinta en recámara se sobrepresiona y no trabaja la bomba neumática No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Cambio de mangueras de tinta a recámara.	\$ 150	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 2.150	11	Inspección por condición, revisión sistema	Semanal	Personal de mantenimiento Mecánico.
31	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF4FP2	No Imprime	Bobina de electroválvula cilindros neumáticos rodillos anilox quemada por sobrecarga o ciclo de vida	No se produce ningun tipo de movimiento no hay paso de aire. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Horas. Cambio bobina o electroválvula de aire	\$ 200	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 2.200	12	Correr a falla	Condición	Personal mantenimiento electrónico

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF5FP2	No Imprime	Filtros taponados por acumulación de tinta seca.	No se produce ningún tipo de movimiento no hay paso de tinta a recámara. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Horas. Cambio bobina o electroválvula de aire	\$ 150	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 2.150	11	Inspección por condición, revisión sistema	Semanal	Personal de mantenimiento Mecánico.
32	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF6FP2	No Imprime	Rotura de los diafragmas de los 2 cilindros neumáticos de rodillo anilox	No se produce ningún tipo de movimiento suena escape de aire. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Cambio de cilindros neumáticos	\$ 400	SI	A5	A5	D5	B5	\$ 2.400	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Cuatrimestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
33	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF7FP2	No Imprime	Rotura de los vástagos de los dos cilindros del rodillo anilox por fatiga.	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Cambio de cilindros neumáticos	\$ 120	SI	A5	A5	D5	B5	\$ 2.120	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Cuatrimestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
34	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF8FP2	Imprime por partes (Blanquea)	Rotura de los diafragmas de uno de los dos cilindros de rodillo anilox por endurecimiento del material.	Rodillo anilox sube torcido, se escucha escape de aire en uno de los cilindros. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Cambio de cilindro neumático	\$ 150	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 2.150	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Cuatrimestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
35	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF9FP2	Imprime por partes (Blanquea)	Rotura un vástago del cilindro neumático del rodillo anilox por fatiga	Rodillo anilox sube torcido. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Cambio de cilindro neumático	\$ 150	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 2.150	12	Tarea programada de restauración overhaul.	Cuatrimestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
36	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF10FP2	Imprime por partes (Blanquea)	Despareamiento de rodillo contaimpresor y portaclisé por desajuste operacional. Vibración normal de máquina.	Rodillo portaclisé torcido no ejerce presión con rodillo contaimpresor de forma homogénea No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Calibración de Rodillos		NO	A5	A5	F5	F5	\$ 2.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Semanal	Personal de mantenimiento Mecánico.
37																

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF11FP2	Aplastamiento de material	Desparalelismo de rodillo contaimpresor vs portaclisé por desajuste operacional. Vibración normal de máquina.	Rodillo portaclisé torcido ejerce presión en un solo lado del contraimpresor. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Calibración de Rodillos		NO	A5	A5	F5	F5	\$ 2.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Semanal	Personal de mantenimiento Mecánico.
38	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF12FP2	Aplastamiento de material	Desparalelismo de ejes de collarines transportadores desajuste operacional. Vibración normal de máquina	Collarines ejercen sobrepresión en uno de los lados o en la totalidad del material. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Calibración de Rodillos		NO	A5	A5	F5	F5	\$ 2.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Semanal	Personal de mantenimiento Mecánico.
39	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF13FP2	Entrega material torcido a cuerpo ranurador	Desparalelismo de ejes de collarines transportadores desajuste operacional. Vibración normal de máquina	Collarines ejercen presión en uno de los lados o en la totalidad del material. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Calibración de Rodillos		NO	A5	A5	F5	F5	\$ 2.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Semanal	Personal de mantenimiento Mecánico.
40	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF14FP2	Entrega material torcido a cuerpo ranurador	Daño sistema de movimiento excéntrico por rotura de dientes por desgaste y/o fatiga	No se produce ningún tipo de movimiento en sistema Excéntrico collarines. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Daño de rodamientos de motor. Reparación de motor	\$ 300	NO	A5	A5	F5	F5	\$ 2.300	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
41	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF15FP2	Imprime por partes (Blanquea)	Daño sistema de movimiento excéntrico por rotura de dientes por desgaste y/o fatiga	No se produce ningún tipo de movimiento en sistema Excéntrico portaclisé vs contraimpresor. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Daño de rodamientos de motor. Reparación de motor	\$ 300	SI	A5	A5	F5	F5	\$ 2.300	11	Inspección por condición, revisión sistema	Semestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
42	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF16FP2	No Imprime	Daño sistema de movimiento excéntrico por daño de motor de transmisión	No se produce ningún tipo de movimiento en sistema Excéntrico portaclisé vs contraimpresor. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Daño de rodamientos de motor. Reparación de motor	\$ 2.000	SI	A5	A5	D3	D5	\$ 6.000	11	Correr a falla	Trimestral	Personal de mantenimiento electrónico.
43																

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
44	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF16FP2	No Imprime	Dano sistema de movimiento excéntrico por daño sistema electrónico fatiga daño electrónico relevos , tarjetas	No se produce ningún tipo de movimiento en sistema Excéntrico portaclisé vs contraimpresor. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de tarjeta o elemento electrónico	\$ 2.000	SI	A5	A5	C2	C5	\$ 10.000	11,12	Correr a falla	Condición, actualización Electrónica por obsolescencia y ciclo de	Personal de mantenimiento electrónico.
45	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF17FP2	Imprime fuera del sincronismo de la máquina	Juego radial entre piñones por desgaste de acoples cruz de malta	Se produce movimiento anormal de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción parcialmente detenida por 12 horas	\$ 300	NO	A5	A5	D5	D5	\$ 300	11,12	Correr a falla	Condición, actualización Electrónica por obsolescencia y ciclo de	Personal de mantenimiento electrónico.
46	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF18FP2	No Imprime	Despresurización de línea neumática por fuga en sellos de unidad de mantenimiento	No se produce ningún tipo de movimiento. Escape de aire en unidad de mantenimiento no deja arrancar sistema. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Horas. Cambio bobina o electroválvula de aire	\$ 300	NO	A5	A5	D5	D5	\$ 2.300	11,12	Correr a falla	Condición	Personal de mantenimiento electrónico.
47	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF19FP2	No Imprime	Falla sistema electrónico de comunicación cuerpo - sistema por daño componente electrónico pantalla de	No se produce ningún tipo de movimiento. No hay comunicación con sistema no permite arrancar máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4Horas. Cambio pantalla electrónica	\$ 10.000	SI	A5	A5	C1	C5	\$ 18.000	11,12	Correr a falla	Condición, actualización Electrónica por obsolescencia y ciclo de	Personal de mantenimiento electrónico.
48	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF20FP2	Imprime fuera del sincronismo de la máquina	Falla sistema impresión registro de caja motofreno por rotura de dientes por ciclo de trabajo	No se produce ningún tipo de movimiento. Piñonería queda suelta y no mantiene posición. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4Horas. Cambio de piñones	\$ 3.000	SI	A5	A5	C1	C5	\$ 11.000	11,12	Correr a falla	Condición	Personal de mantenimiento Mecánico.
49	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF21FP2	Entrega material torcido a cuerpo ranurador	Falla sistema pull rolls collarines por daño motor de esplazamiento	No se produce ningún tipo de movimiento. Collarines quedan fuera de posición para arrastre de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4Horas. Cambio de motor	\$ 3.000	SI	A5	A5	C1	C5	\$ 11.000	12	Correr a falla	Condición	Personal de mantenimiento electrónico.

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF22FP2	No Imprime	Rotura sellos cilindro neumático de cierre cuerpo. Maquina queda abierta no cierra.	No se produce ningun tipo de movimiento. No permite arranque de máquina. Suena escape de aire presurizado No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Cambio de cilindro neumático	\$ 300	SI	A5	A5	C4	C5	\$ 2.300	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición	Personal de mantenimiento Mecánico.
50	Función Primaria 2: Imprimir de forma homogénea la lámina de cartón sin aplastar el material en entregarlo al cuerpo ranurador	FF23FP2	No Imprime	Rotura de gancho de cierre de máquina por fatiga de material	No se produce ningun tipo de movimiento. No permite arranque de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Cambio de gancho de cierre	\$ 200	SI	A5	A5	C4	C5	\$ 2.300	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición	Personal de mantenimiento Mecánico.
51	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF1FP3	Corte torcido de tapas y/o bases	Juego axial de las cuchillas de masas de cuchillas en sistema de corte debido a desgaste de carbonos botom	Corte de material torcido y/o mordisqueado. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de carbonos	\$ 2.000	NO	A5	A5	D4	D5	\$ 10.000	11	Inspección por condición, revisión sistema cierre	mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
52	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF2FP3	Corte torcido de tapas y/o bases	Daño sistema de movimiento excéntrico sistema de corte por rotura de dientes por desgaste y/o fatiga	Corte de material torcido y/o mordisqueado. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de piñones	\$ 3.000	NO	A5	A5	C4	D5	\$ 11.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
53	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF3FP3	Corte torcido de tapas y/o bases	Juego radial de las masas soporte cuchillas en sistema de corte debido a desgaste de cuña y/o chaveteros	Corte de material torcido y/o mordisqueado. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 8 Horas. Cambio de postizos y cuñas	\$ 3.000	NO	A5	A5	C4	C5	\$ 19.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
54	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF4FP3	Corte erróneo por falla desplazamiento de sistema corte	Rotura piñones caja bidireccional desplazamiento cuchillas sistema de corte por desgaste de piñones internos	No permite desplazamiento de masas portacuchillas sistema de corte No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 8 Horas. Reparación de cajas bidireccionales	\$ 4.000	NO	A5	A5	B3	B5	\$ 20.000	11	Inspección por condición; Vibraciones	semestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
55																

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
56	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF5FP3	Corte erróneo por falla desplazamiento de sistema corte	Motor quemado por sobrevoltaje y/o sobrecarga sistema de transmisión	No permite desplazamiento de masas portacuchillas sistema de corte No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de motor de transmisión.	\$ 3.000	SI	A5	A5	C4	C5	\$ 11.000	12	Correr a falla	Condición	Personal de mantenimiento electrónico.
57	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF6FP3	Corte erróneo por falla desplazamiento de sistema corte	Elemento electrónico quemado por fatiga / ciclo de vida	No permite desplazamiento de masas portacuchillas sistema de corte No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de elemento electrónico.	\$ 2.000	SI	A5	A5	C4	C5	\$ 10.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición, actualización Electronica por obsolescencia	Personal de mantenimiento electrónico.
58	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF7FP3	No permite arranque de máquina	Falla pantalla electrónica de comunicación sistema electrónico por sobrevoltaje y/o fatiga de elementos internos	No permite arranque de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de pantalla electrónica	\$ 10.000	SI	A5	A5	C2	C4	\$ 18.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición, actualización Electronica por obsolescencia	Personal de mantenimiento electrónico.
59	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF8FP3	No permite arranque de máquina	Falla plc electrónico de comunicación sistema electrónico por sobrevoltaje y/o fatiga de elementos internos	No permite arranque de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de PLC	\$ 1.500	SI	A5	A5	C4	C4	\$ 9.500	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición, actualización Electronica por obsolescencia	Personal de mantenimiento electrónico.
60	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF8FP3	Marcado torcido de tapas y/o bases	Juego axial de las masas de scores en sistema de scores debido a desgaste de carbones botom	Marcado de material torcido. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de carbones	\$ 2.000	NO	A5	A5	D4	D5	\$ 10.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
61	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF9FP3	Marcado torcido de tapas y/o bases	Daño sistema de movimiento excéntrico sistema de score por rotura de dientes por desgaste y/o fatiga	Marcado de material torcido. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de piñones	\$ 3.000	NO	A5	A5	C4	D5	\$ 11.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF9FP3	Marcado torcido de tapas y/o bases	Juego radial de las masas soporte scores en sistema de scores debido a desgaste de cuña y/o chaveteros postizos debido a desgaste mecanico operacional	Corte de material torcido y/o mordisqueado. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Linea de producción detenida por 8 Horas. Cambio de postizos y cuñas	\$ 3.000	NO	A5	A5	C4	C5	\$ 19.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
62	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF10FP3	Marcado erroneo	Rotura piñoes caja bidireccional desplazamiento scores sistema de score por desgaste de de piñones internos	No permite desplazamiento de masas portacuchillas sistema de corte No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Linea de producción detenida por 8 Horas. Reparación de cajas bidireccionales	\$ 4.000	NO	A5	A5	B3	B5	\$ 20.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición	Personal de mantenimiento Mecánico.
63	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	F11FP3	Marcado erroneo	Motor quemado por sobrevoltaje y/o sobrecarga sistema de transmisión	No permite desplazamiento de masas portadores sistema de scores No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Linea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de motor de transmisión.	\$ 3.000	SI	A5	A5	C4	C5	\$ 11.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición, actualización Electronica por obsolescencia	Personal de mantenimiento electrónico.
64	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF12FP3	Marcado erroneo	Elemento electronico quemado por fatiga / ciclo de vida	No permite desplazamiento de masas porta scores sistema de scores. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas.Linea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de elemento electrónico.	\$ 2.000	SI	A5	A5	C4	C5	\$ 10.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición, actualización Electronica por obsolescencia	Personal de mantenimiento electrónico.
65	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF13FP3	No arranca cuerpo ranurador	Rotura de piñones caja transmisión sistema de transmisión por falta de lubricante	No se produce ningun tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 30 Horas. Faricación o cambio de piñonería	\$ 5.000	NO	A5	A5	A1	A5	\$ 50.000	11	Inspección del nivel de aceite del equipo, ruta de Lubricación.	Mensual (Horometro)	Personal de mantenimiento Mecánico.
66																

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
67	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF14FP3	No ranura	Daño sistema de movimiento excéntrico sistema corte por daño sistema electrónico fatiga daño electrónico relevos, tarjetas	No se produce ningún tipo de movimiento en sistema Excntrico Sistema corte No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de tarjeta o elemento electrónico	\$ 2.000	SI	A5	A5	C2	C5	\$ 10.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición, actualización Electronica por obsolescencia y ciclo de vida de componente s.	Personal de mantenimiento electrónico.
68	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF15FP3	No Marca	Daño sistema de movimiento excéntrico sistema scores por daño sistema electrónico fatiga daño electrónico relevos	No se produce ningún tipo de movimiento en sistema Excntrico Sistema corte No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de tarjeta o elemento electrónico	\$ 2.000	SI	A5	A5	C2	C5	\$ 10.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición, actualización Electronica por obsolescencia y ciclo de vida de componente s.	Personal de mantenimiento electrónico.
69	Función Primaria 3: Marcar y ranurar la lámina de cartón en sincronía de máquina	FF16FP3	Ranurado y scoreado descentrados	Desalineación masas ranuradoras vs masas scores por desajuste operacional. Vibración normal de la máquina	Ranuras y scores en caja no quedan alineados.No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Calibración de masas ranuradoras y masas scoreadoras		NO	A5	A5	E5	E5	\$ 8.000	11	Inspección por condición, revisión sistema		Personal de mantenimiento Mecánico.
70	Función Primaria 4: Esta función consiste en el transporte de la lámina previamente salida del cuerpo ranurador, y la arrastra a través de todo el sistema doblador para formar la caja.	FF17FP4	No arrastra la lámina de cartón	Desgaste correa sistema arrastre por desgaste normal de operación.	No arrastra la caja, queda patinando entre las bandas.No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Cambio de bandas	\$ 3.000	NO	A5	A5	D4	D5	\$ 5.000	11	Inspección por condición, revisión sistema		Personal de mantenimiento Mecánico.
71	Función Primaria 4: Esta función consiste en el transporte de la lámina previamente salida del cuerpo ranurador, y la arrastra a través de todo el sistema doblador para formar la caja.	FF19FP4	No arrastra la lámina de cartón	rotura de Line Shaft sistema de transmisión folder por fatiga de materiales.	No arrastra la caja, queda patinando en máquina.No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 15 Horas. Reparación sistema de transmisión.	\$ 3.000	SI	A5	A5	A4	A5	\$ 33.000	11	Inspección por condición, revisión sistema		Personal de mantenimiento Mecánico.

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
72	Función Primaria 4: Esta función consiste en el transporte de la lámina previamente salida del cuerpo ranurador, y la arrastra a través de todo el sistema doblador para formar la caja.	FF20FP4	No arrastra la lámina de cartón	rotura de crucetas cardan line shaft sistema de transmisión folder por falta de lubricación.	No arrastra la caja, queda patinando en máquina.No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 8 Horas. Cambio de crucetas, reparación sistema de transmisión	\$ 1.000	NO	A5	A5	B4	B5	\$ 17.000	11	Inspección, ruta de lubricación	Mensual (Horometro)	Personal de mantenimiento Lubricador, bomba lubricación.
73	Función Primaria 4: Esta función consiste en el transporte de la lámina previamente salida del cuerpo ranurador, y la arrastra a través de todo el sistema doblador para formar la caja.	FF21FP4	No dobla por donde esta marcado el score	Desalineación sistema dobladora vs ranurador	Mal armado de la caja. Caja inservible No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Calibración y alineación de sistema dobladora vs Ranurador	\$ 30	NO	A5	A5	B4	B5	\$ 8.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
74	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF1FP5	Atasca material al apilar	Rotura de látigos sistema por fatiga mecánica	Atrancos de material en sistema apilador.No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 3 Horas. Cambio de Látigos reparación sistema apilador	\$ 500	NO	A5	A5	E5	E5	\$ 6.500	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
75	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF2FP5	Atasca material al apilar	Falta de sincronismo sistema apilador - resto de máquina.	Atrancos de material en sistema apilador.No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 3 Horas. Ajuste, calibración y puesta en sincronismo resto de máquina.	\$ 30	NO	A5	A5	E5	E5	\$ 6.030	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
76	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF3FP5	Atasca material al apilar	Rotura sellos cilindro Neumático sistema apilador relevo	Atrancos de material en sistema apilador.No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 3 Horas. Ajuste, cambio de cilindros neumáticos	\$ 200	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 6.200	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición	Personal de mantenimiento Mecánico.
77	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF4FP5	Atasca material al apilar	Daño Bobina de electroválvula por fatiga, sobrecarga, ciclo de vida.	No se produce ningun tipo de movimiento no hay paso de aire. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Horas. Cambio bobina o electroválvula de aire	\$ 200	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 2.100	12	Correr a falla	Condición	Personal de mantenimiento electrónico.

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
78	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF5FP5	Atasca material al apilar	Rodamientos desgastados por falta lubricación	No se produce ningún tipo de movimiento no baja sistema apilador relevo No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio guías y rodamientos lineales.	\$ 2.000	NO	A5	A5	C4	C5	\$ 10.000	11	Inspección, ruta de lubricación	Mensual (Horometro)	Personal de mantenimiento Lubricador, bomba lubricación.
79	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF6FP5	Atasca material al apilar	Base relevos desnivelada por vibración normal de operación	Se ralentiza el sistema de apilación. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Nivelación y calibración	\$ 60	NO	A5	A5	E5	E5	\$ 2.100	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
80	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF7FP5	No expulsa material de máquina	Rotura sellos cilindro Neumático sistema expulsión	Se ralentiza el sistema de expulsión de paquetes fuera de máquina No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de cilindro Neumático	\$ 4.000	SI	A5	A5	D3	D5	\$ 20.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición	Personal de mantenimiento Mecánico.
81	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF8FP5	No expulsa material de máquina	Daño Bobina de electroválvula por fatiga, sobrecarga, ciclo de vida.	Se ralentiza el sistema de expulsión de paquetes fuera de máquina No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Horas. Cambio bobina o electroválvula de aire	\$ 200	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 2.100	12	Correr a falla	Condición	Personal de mantenimiento electrónico.
82	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF9FP5	No expulsa material de máquina	Cojinete desgastado por desnivelación	Se ralentiza el sistema de expulsión de paquetes fuera de máquina No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de cilindro Neumático	\$ 4.000	SI	A5	A5	D3	D5	\$ 20.000	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
83	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF10FP5	No expulsa material de máquina	Cojinete desgastado por falta de lubricación	Se ralentiza el sistema de expulsión de paquetes fuera de máquina No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de cilindro Neumático	\$ 4.000	SI	A5	A5	D3	D5	\$ 20.000	11	Inspección, ruta de lubricación	Mensual (Horometro)	Personal de mantenimiento Lubricador, bomba lubricación.

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
84	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF11FP5	No expulsa material de máquina	Rotura correa de transmisión por desgaste	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 1 Hora. Cambio de correa	\$ 500	NO	C5	C5	C4	C5	\$ 2.500	11	Inspección por condición, ruta Inspección transmisiones por correas, poleas y cadenas	Trimestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
85	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF12FP5	No permite arranque de máquina	Falla pantalla electrónica de comunicación sistema electrónico por sobrevoltaje y/o fatiga de elementos internos	No permite arranque de máquina. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 4 Horas. Cambio de pantalla electrónica	\$ 10.000	SI	A5	A5	C2	C4	\$ 18.000	11,12	Inspección por condición, Tarea Programada de restauración Overhaul	Condición, actualización Electronica por obsolescencia y ciclo de	Personal de mantenimiento electrónico.
86	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF13FP5	Atascamiento de material al ser expulsado	Rotura de eje de nivelación por fatiga	Estabilizador de sistema de expulsión desnivelado. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Reparación de estabilizador	\$ 200	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 4.200	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
87	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF14FP5	Atascamiento de material al ser expulsado	Rotura de sin fin caja direccional por fatiga	Estabilizador de sistema de expulsión desnivelado. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 2 Horas. Reparación de estabilizador	\$ 400	SI	A5	A5	D5	D5	\$ 4.400	11,12	Inspección por condición, Tarea programada de restauración overhaul.	Cuatrimestral	Personal de mantenimiento Mecánico.
88	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF15FP5	Atascamiento de material al ser expulsado	Motor sistema de transmisión estabilizador quemado por rodamientos sin lubricación	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 3 Horas. Daño de rodamientos de motor. Cambio de motor	\$ 2.000	SI	A5	A5	A4	A5	\$ 8.000	11	correr a falla	Trimestral	Personal mantenimiento electrónico
89	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF16FP5	Atascamiento de material al ser expulsado	Motor sistema de transmisión estabilizador quemado por sobrevoltaje	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 3 Horas. Daño de aislamiento de motor. Cambio de motor	\$ 2.000	SI	A5	A5	A4	A5	\$ 8.000	11	correr a falla	Trimestral	Personal mantenimiento electrónico

	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos	Valor económico de la reparación (US)	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económico	R. Imagen	Valor económico del riesgo (us\$)	Código diagrama decisión	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1																
90	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF17FP5	Atasca material al apilar	Rotura y/o desajuste de acople sujeción backstop sistema apilador	No desplaza backstop de sistema apilador. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 3 Horas. Reparación de eje acople	\$ 400	NO	A5	A5	D5	D5	\$ 6.400	11	Inspección por condición, revisión sistema	Mensual	Personal de mantenimiento Mecánico.
91	Función Primaria 5: Esta función consiste en el apilado de las cajas ya terminadas y su debida expulsión de la máquina.	FF18FP5	Atasca material al apilar	Motor sistema de transmisión backstop sistema apilador por sobrevoltaje	No se produce ningún tipo de movimiento. No es amenaza para el medio ambiente ni para la seguridad de las personas. Línea de producción detenida por 3 Horas. Daño de aislamiento de motor. Cambio de motor	\$ 2.000	SI	A5	A5	C4	C5	\$ 8.000	12	Correr a falla	Condición	Personal mantenimiento electrónico