



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) COMO  
HERRAMIENTA PARA OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA INDUSTRIA  
FARMACÉUTICA**

**América Paola Maldonado Castellanos**

Asesorado por el Ing. Erick Roberto Turcios Estrada

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) COMO  
HERRAMIENTA PARA OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA INDUSTRIA  
FARMACÉUTICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**AMÉRICA PAOLA MALDONADO CASTELLANOS**  
ASESORADO POR EL ING. ERICK ROBERTO TURCIOS ESTRADA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA MECÁNICA INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) COMO  
HERRAMIENTA PARA OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA INDUSTRIA  
FARMACÉUTICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 15 de junio de 2010.



América Paola Maldonado Castellanos



**MULTISERVICIOS GUATEMALTECOS AUTOMOTRICES  
E INDUSTRIALES, S.A.**

Guatemala, 22 de Marzo de 2011

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Por este medio le notificamos que:

Tuve en mi poder el Informe de Trabajo de Graduación de la Srta. AMERICA PAOLA MALDONADO CASTELLANOS, quien se identifica con Carné universitario 2006-11331, que lleva por nombre IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) COMO HERRAMIENTA PARA OBTENER UNA PRODUCCION MAS LIMPIA EN UNA INDUSTRIA FARMACEUTICA, siendo este revisado en su totalidad, y no encontrando ningún inconveniente, se le extiende la presente carta como constancia de aprobación del mismo.

Agradeciéndole de antemano la atención prestada,

Atentamente,

Ing. Erick Roberto Turcios Estrada  
Gerente General  
MINAUTO, S. A.



Avenida Petapa 40-35 zona 12, Guatemala C. A.  
Teléfonos: (502) 2477-5530/ 2477-5630



REF.REV.EMI.138.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) COMO HERRAMIENTA PARA OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA**, presentado por la estudiante universitaria **América Paola Maldonado Castellanos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Sergio Antonio Torres Méndez  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala septiembre de 2011.

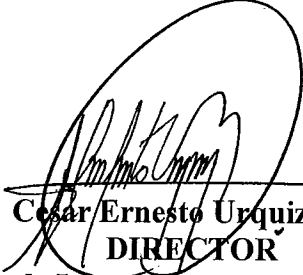
/mgp




REF.DIR.EMI.165.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) COMO HERRAMIENTA PARA OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA**, presentado por la estudiante universitaria **América Paola Maldonado Castellanos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodríguez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DIRECCION  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, octubre de 2011.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO TOTAL (TPM) COMO HERRAMIENTA PARA OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA**, presentado por la estudiante universitaria **América Paola Maldonado Castellanos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, octubre de 2011.

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Fuerza suprema que ilumina y guía mis pasos, por permitirme convivir con las personas que me rodean.
<b>Virgen María</b>	Mi mejor consejera en los momentos de grandes decisiones.
<b>Mis padres</b>	Luis Maldonado y Patricia Castellanos por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por ser mi ejemplo, mis amigos y mis guías, y por permitirme alcanzar esta meta.
<b>Mi hermana</b>	Alejandra por ser una parte importante en mi vida, estar siempre a mi lado y brindarme tu amistad en todo momento.
<b>Mi familia</b>	Familias Castellanos y Maldonado por su cariño incondicional en especial a mis abuelas Leonor y Esperanza; a mis tías Marta, Miriam y América; mis tíos Edgar, Roberto y Fernando, y a mis primos Andrea, Guillermo, Moisés, Thelma y Luis, por las alegrías compartidas y ayudarme en los momentos difíciles.

**Mis amigos**

Por las alegrías compartidas en especial a las familias de León y Florián porque son una parte importante en mi vida. A mis amigos de la Universidad por acompañarme a lo largo de esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Mi asesor</b>	Por brindarme su ayuda en la realización de mi trabajo de graduación.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	En especial a la Facultad de Ingeniería.
<b>Al pueblo de Guatemala</b>	Por su valioso aporte para que yo alcanzara esta meta.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Datos generales de la empresa .....	1
1.2. Producción más limpia .....	2
1.2.1. Definición de producción más limpia.....	2
1.2.2. La importancia de la variable ambiental.....	2
1.3. Tipos de mantenimiento utilizados en la actualidad.....	3
1.3.1. Mantenimiento preventivo .....	3
1.3.2. Mantenimiento programado .....	3
1.3.3. Mantenimiento reparativo.....	4
1.4. Producción de no productos .....	4
1.5. Relación entre producción más limpia y mantenimiento productivo total.....	5
1.6. Buenas prácticas de manufactura para la optimización de procesos .....	5
1.7. Tecnologías más limpias para la optimización de procesos y productos.....	7
1.8. Base teórica .....	8
1.8.1. Eficiencia de los activos operativos.....	8

1.8.2.	Cambios de formato .....	9
1.8.3.	Estudio de tiempos .....	10
1.8.4.	Mantenimiento productivo total .....	11
1.8.5.	Herramienta 5´S .....	12
1.8.6.	Mantenimiento autónomo .....	15
1.8.7.	Empoderamiento .....	17
2.	ANÁLISIS Y ESTUDIOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	19
2.1.	Descripción del proceso .....	19
2.1.1.	Proceso en selladora .....	19
2.1.2.	Proceso en estuchadora .....	21
2.1.3.	Proceso en cartonadora.....	22
2.1.4.	Jornadas de trabajo .....	26
2.2.	Eficiencia de los activos operativos .....	26
2.2.1.	Recolección de datos.....	26
2.2.1.1.	Paros planificados.....	27
2.2.1.2.	Paros no planificados.....	28
2.2.2.	Cálculo del OAE .....	29
2.2.2.1.	Grado de utilización .....	29
2.2.2.2.	Índice de producción.....	30
2.2.2.3.	Tasa de aceptación.....	31
2.2.2.4.	Eficiencia de los activos operativos .....	32
2.2.3.	Identificación de puntos críticos en el proceso .....	34
2.3.	Cambios de formato .....	38
2.3.1.	Determinar herramientas y elementos de máquinas utilizados en los cambios de formato .....	39
2.3.1.1.	Herramientas utilizadas .....	39
2.3.1.2.	Elementos de máquinas utilizados.....	40
2.3.1.2.1.	Selladora.....	40

	2.3.1.2.2.	Estuchadora .....	45
	2.3.1.2.3.	Cartonadora .....	47
	2.3.2.	Operaciones elementales del procedimiento actual .....	49
	2.3.3.	Estudio de tiempos.....	50
	2.3.4.	Identificación de operaciones a modificar .....	52
3.	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL .....		53
3.1.	Plan TPM .....		53
3.1.1.	Fase I: Planear .....		54
3.1.1.1.	Metas .....		55
3.1.1.2.	Objetivos .....		56
	3.1.1.2.1.	Objetivo general .....	56
	3.1.1.2.2.	Objetivos específicos .....	56
	3.1.1.2.3.	Objetivo estratégico.....	57
	3.1.1.2.4.	Objetivo operativo .....	57
	3.1.1.2.5.	Objetivo organizativo.....	57
3.1.1.3.	Formación de equipo de trabajo.....		57
3.1.1.4.	Campaña informativa .....		58
3.1.2.	Fase II: Hacer.....		58
3.1.2.1.	5´s .....		58
3.1.2.2.	Mantenimiento autónomo.....		62
3.1.2.3.	Aumento de la eficiencia de los activos operativos.....		76
3.1.3.	Fase III: Verificar .....		84
3.1.4.	Fase IV: Actuar .....		85
3.2.	Alcance .....		86
4.	IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL .....		89
4.1.	Procedimiento .....		89

4.1.1.	Fase I: Planear .....	90
4.1.2.	Fase II: Hacer .....	92
4.1.2.1.	Herramienta 5´s .....	93
4.1.2.2.	Mantenimiento autónomo .....	93
4.1.2.3.	Mejoras al proceso productivo .....	94
4.1.3.	Fase III: Verificar.....	95
4.1.4.	Fase IV: Actuar .....	96
4.2.	Documentación del proceso .....	97
4.3.	Capacitación al personal .....	98
5.	MEJORA CONTINUA .....	101
5.1.	Revisión periódica .....	101
5.2.	Empoderamiento .....	102
5.3.	Utilización de formatos .....	102
6.	MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD OCUPACIONAL .....	111
6.1.	Condiciones ambientales.....	111
6.1.1.	Condiciones de seguridad e higiene.....	111
6.1.2.	Protección personal .....	112
6.1.3.	Ambiente laboral.....	112
6.2.	Manejo de desechos .....	113
6.2.1.	Clasificación de desechos .....	113
6.2.1.1.	Aprovechables .....	113
6.2.1.2.	No aprovechables .....	113
6.3.	Tratamiento de aguas.....	114
6.4.	Ahorro energético .....	115
6.5.	Medidas de mitigación .....	117
6.5.1.	Normativa para la utilización de la maquinaria .....	117
6.5.2.	Disposición final de desechos.....	118



6.5.2.1. Aprovechables.....	118
6.5.2.2. No aprovechables .....	119
CONCLUSIONES .....	121
RECOMENDACIONES .....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	125
ANEXOS .....	127



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Herramienta 5´s .....	14
2.	Hacia un mantenimiento autónomo .....	16
3.	Flujo del proceso en selladora .....	20
4.	Flujo del proceso en estuchadora .....	22
5.	Flujo del proceso en cartonadora.....	24
6.	Diagrama de flujo de la línea de producción 7 .....	25
7.	Eficiencia de los activos operativos e indicadores .....	33
8.	Paros planificados.....	34
9.	Paros no planificados.....	35
10.	Clasificación de interrupciones técnicas .....	37
11.	Elementos de máquina del cambio de formato en selladora .....	41
12.	Alimentador universal .....	43
13.	Alimentador universal con agitadores planetarios.....	43
14.	Rodillo alimentador con canal de alimentación .....	44
15.	Zapato alimentador con canal de alimentación.....	44
16.	Piezas involucradas en cambio de formato en estuchadora .....	45
17.	Piezas involucradas en cambio de formato en cartonadora .....	47
18.	Plan TPM .....	54
19.	Procedimiento utilizado en la etapa de separar .....	59
20.	Etapa de ordenar .....	60
21.	Lubricación semanal de la selladora.....	65
22.	Lubricación semanal de la estuchadora.....	65
23.	Lubricación semanal de la cartonadora .....	66

24.	Partes principales de la selladora .....	68
25.	Componentes principales estuchadora .....	69
26.	Componentes principales cartonadora .....	70
27.	Propuesta para incrementar el OAE .....	80
28.	Alcance del mantenimiento productivo total .....	87
29.	Cronograma de actividades .....	90
30.	Cronograma de actividades para la fase 1 .....	91
31.	Cronograma de actividades para la fase 2 .....	92
32.	Cronograma de actividades para la fase 3 .....	95
33.	Cronograma de actividades para la fase 4 .....	96

## TABLAS

I.	Componentes OAE .....	8
II.	Símbolos utilizados en los diagramas de procesos .....	11
III.	Paros planificados .....	28
IV.	Paros no planificados .....	29
V.	Grado de utilización .....	30
VI.	Índice de producción .....	31
VII.	Tasa de Aceptación .....	32
VIII.	Eficiencia de los activos operativos .....	33
IX.	Clasificación de interrupciones técnicas .....	36
X.	Cantidad de producto descartado .....	38
XI.	Componentes de los grupos de alimentación .....	42
XII.	Elementos regulados en cambio de formato en estuchadora .....	46
XIII.	Elementos regulados en cambio de formato en cartonadora .....	48
XIV.	Duración de cambios de formato analizados .....	51
XV.	Limpiezas diarias y semanales .....	63
XVI.	Lubricación semanal .....	64

XVII.	Inspecciones diarias y semanales .....	66
XVIII.	Aumento de disponibilidad en 19% .....	77
XIX.	Aumento de disponibilidad en 22% .....	78
XX.	Disminución de 45% de paros planificados y no planificados .....	79
XXI.	Disminución de 50% de paros planificados y no planificados .....	79
XXII.	Disminución de 45% a 50% de paros planificados .....	81
XXIII.	Disminución de 45% a 50% de paros no planificados .....	82
XXIV.	Eficiencia de los activos operativos deseada .....	98
XXV.	Evaluación semanal 5´s .....	103
XXVI.	Evaluación semanal actividades autónomas en selladora .....	104
XXVII.	Evaluación semanal actividades autónomas en estuchadora .....	105
XXVIII.	Evaluación semanal actividades autónomas en cartonadora .....	106
XXIX.	Evaluación de la eficiencia de los activos operativos.....	107
XXX.	Evaluación de cambio de formato .....	108
XXXI.	Recomendaciones para el uso eficiente de la energía en la operación .....	116



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>gr</b>	Gramo
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Ion bicarbonato
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Ion calcio
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	Ion magnesio
<b>min</b>	Minuto
<b>%</b>	Porcentaje
<b>u</b>	Unidad





## GLOSARIO

<b>Aire comprimido</b>	Aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor.
<b>Blíster</b>	Envase para manufacturados pequeños que consiste en un soporte de aluminio sobre el que va pegado una lámina de plástico transparente con cavidades en las que se alojan los distintos artículos.
<b>Cartonadora</b>	Máquina donde se lleva a cabo el empaque de estuches en cajas de cartón (corrugado) para su distribución.
<b>Cuarto de producción</b>	Es el espacio específico donde se encuentra instalada la maquinaria que conforma la línea de producción.
<b>Eficiencia</b>	Operar de modo que los recursos sean utilizados de forma más adecuada.
<b>Estuchadora</b>	Máquina donde se lleva a cabo la introducción de blísteres en estuches.
<b>Estuche</b>	Empaque secundario en el cual son introducidos los blísteres y generalmente es una caja de cartón.

<b>Fardo</b>	Conjunto de estuches que son apilados para su posterior introducción al corrugado.
<b>Lámina de formación</b>	Empaque primario al cual se le forman cavidades por medio de aire comprimido y en el cual será colocado el producto.
<b>Lámina de sellado</b>	Empaque primario que se utiliza para sellar la lámina de formación una vez el producto haya sido alimentado.
<b>Productividad</b>	Relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos.
<b>Protocolo de producción</b>	Documento donde se establecen los parámetros para iniciar con un lote de producción.
<b>Selladora</b>	Máquina donde se lleva a cabo la producción de blísteres.
<b>Tiempo disponible</b>	Es el tiempo total con presencia de personal y que puede ser utilizado para producir.
<b>Tiempo neto disponible</b>	Es el tiempo programado que será utilizado para llevar a cabo la producción, y se obtiene mediante la resta entre tiempo disponible y el tiempo de paros planificados.
<b>Tiempo operacional</b>	Es el tiempo real que se utilizó para producir, y se obtiene mediante la resta entre el tiempo neto disponible y el tiempo de paros no planificados.

**Velocidad real**

Es la velocidad con la que se llevó a cabo la producción, y se obtiene mediante la relación entre la producción total y el tiempo operacional.

**Velocidad teórica**

Es la velocidad que se programó en la máquina para llevar a cabo la producción.



## RESUMEN

En la actualidad las empresas deben adoptar estrategias más convenientes para subsistir en un mercado cada vez más globalizado, esto no sólo se refiere a la inversión en instalaciones y tecnologías nuevas, sino también a la utilización eficaz de las instalaciones y tecnologías existentes, para lo cual uno de los requisitos es el establecimiento de un servicio de mantenimiento eficiente, seguro, limpio y económico de los equipos productivos.

El sistema de mantenimiento con el cual se están obteniendo resultados eficaces para el aumento de la productividad es el mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en inglés, *total productive maintenance*), el cual busca el mejoramiento continuo de la productividad industrial; este sistema de mantenimiento al estar orientado hacia una producción más limpia, conlleva a una mejora sustantiva en la competitividad industrial.

Debido a que el TPM es un sistema de mantenimiento que tiene dentro de sus objetivos lograr una fuerte mejora en la seguridad y el medio ambiente a través de un excelente estado de los equipos productivos y de los métodos de productividad, se pretende que por medio de su implementación se incremente la eficiencia de los activos y se logre un entorno amigable con el medio ambiente.

A raíz de lo descrito anteriormente, la empresa se ve en la necesidad de implementar el mantenimiento productivo total en una de sus líneas de producción, que muestra grandes oportunidades de mejora, pero que actualmente no posee el índice de eficiencia deseado.



# OBJETIVOS

## General

Implementar el mantenimiento productivo total (TPM) como una herramienta para obtener una producción más limpia en la línea de sellado y empaque, en una industria farmacéutica.

## Específicos

1. Incrementar la eficiencia de los activos operativos mediante el aumento de la disponibilidad de la maquinaria.
2. Realizar el mantenimiento productivo total en cooperación activa con el personal de producción para garantizar el éxito del proyecto.
3. Aumentar el rendimiento-disponibilidad de la maquinaria mediante la disminución de las interrupciones planificadas y no planificadas.
4. Promover el mantenimiento productivo total a través de capacitaciones autónomas; para que sean los operarios los encargados de mantener en buen estado los equipos.
5. Optimizar el proceso de producción mediante el uso eficiente de materias primas e insumos en general.

6. Determinar las principales causas de fallas en el proceso productivo que disminuyen el tiempo operativo de la línea.
7. Identificar alternativas para reducir los residuos durante las diferentes etapas del proceso productivo



## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento productivo total es una estrategia que propone una serie de actividades que al implementarse mejorarán la competitividad de la empresa, logrando la eliminación paulatina de las deficiencias en el proceso productivo. La implementación del TPM surge ante la necesidad de incrementar la eficiencia de los activos operativos en la línea de sellado y empaque, a la vez que se obtiene un proceso productivo más amigable con el medio ambiente.

Su implementación se realizará en cuatro fases basadas en el ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar). En la primera fase se fijarán los objetivos y metas, se formará el equipo de trabajo y se informará a todo el personal involucrado sobre la decisión que se tomó de implementar el TPM. La responsabilidad de ejecutar de manera exitosa la herramienta TPM, no recae solamente en el departamento de mantenimiento, sino que es responsabilidad de todos los miembros del equipo el éxito del proyecto, con ello se logra que todos los departamentos de la planta de producción se involucren y trabajen en conjunto para obtener los resultados deseados.

La segunda fase consistirá en implementar mejoras al proceso productivo que permitan incrementar gradualmente la eficiencia de la línea de producción, implementar actividades autónomas realizadas por los operadores de los equipos e implementar la herramienta 5´s para que el cuarto de producción esté siempre ordenado, limpio y listo para comenzar la producción.

La implantación en sí del TPM inicia con la ejecución de la herramienta 5´s, para que luego se facilite el análisis situacional de la línea de producción;

luego se implementará el mantenimiento autónomo para que sea el operador y no el mecánico el que realice las actividades de inspección, limpieza y lubricación diarias y semanales. Luego se realizarán mejoras al proceso productivo que permitan incrementar la disponibilidad de los equipos, disminuyendo los paros planificados y no planificados de la línea de producción.

A la vez que se va implementando el TPM, se realizarán sesiones informativas y capacitaciones a todos los colaboradores involucrados, incluyendo temas de relevancia como: TPM, herramienta 5's, mantenimiento autónomo, equipos y componentes de la línea de sellado y empaque y *empowerment*.

La tercera fase consistirá en recolectar una serie de datos que permita analizar la situación de línea de producción durante el período de implementación de la herramienta, los datos recolectados deberán abarcar los siguientes aspectos: tiempos de paros ocurridos en la línea de producción, eficiencia de los activos operativos, evaluación de actividades autónomas, evaluación de la herramienta 5's.

Luego de transcurridos los primeros 5 meses de haber implementado los cambios en el proceso productivo, se analizará la situación de la línea durante ese período, para verificar que se haya obtenido un incremento significativo en la eficiencia de los activos operativos.

Por último, en la cuarta fase se dará seguimiento y mejora continua a las acciones implementadas en la segunda fase, para ello se proponen formatos sencillos que permitan al evaluador analizar de forma sistemática y objetiva la situación de la línea de sellado y empaque.

# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Datos generales de la empresa**

La empresa está catalogada como una empresa transnacional con plantas de producción y canales de distribución en todo el mundo, reconocida a nivel mundial debido a sus altos estándares de calidad. La división ubicada en Guatemala, ofrece una amplia gama de reconocidos productos de automedicación, primordialmente analgésicos, antigripales y medicamentos de la línea gastrointestinales; se destaca por su constante innovación a través del desarrollo de nuevos productos; innovaciones que satisfacen necesidades del consumidor como resultado de extensos estudios de mercado.

La misión es: “Ser la mejor compañía de productos y sistemas para el cuidado de la salud y la protección del hogar”. Esta misión se cumple trabajando con los estándares internacionales de calidad y producción.

La visión es: “Ser líderes mundiales en el cuidado de la salud de los consumidores, dedicados a la innovación y crecimiento y el mejor en su clase en resultados financieros”.

En Guatemala se inició la distribución de productos en 1915, y la empresa fue fundada en Guatemala en 1962 para la fabricación y distribución de productos de protección de cultivos y sanidad animal. En 1964, una segunda empresa fue fundada para la distribución de medicamentos con receta, luego se instaló la planta de producción dedicada a la fabricación de productos de venta libre.

## **1.2. Producción más limpia**

### **1.2.1. Definición de producción más limpia**

El concepto de producción más limpia fue creado en los años 70 como una respuesta de las empresas a las crecientes exigencias ambientales desarrolladas en marcos legales restrictivos y complejos. Contiene un enfoque de gestión orientado a la producción que lleva a una mejora sustantiva en la competitividad de las empresas.

La producción más limpia es definida por la Organización de las Naciones Unidas del Desarrollo Industrial (ONUDI), como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios que procura aumentar la eficiencia y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente.

La producción más limpia es actuar en la fuente de producción de residuos de forma preventiva. Esto es, buscando identificar alternativas para reducir o eliminar los residuos durante las diferentes etapas del proceso productivo de una empresa. En la actualidad las empresas buscan ajustar procesos, reducir costos operativos, mejorar el ambiente de trabajo, a la vez que se reducen sus impactos ambientales.

### **1.2.2. La importancia de la variable ambiental**

La incorporación de la variable ambiental dentro de la gestión empresarial es en la actualidad una exigencia necesaria para garantizar el éxito de las empresas. Con el objeto de mantener su crecimiento y rentabilidad, la

organización debe identificar el impacto que los cambios ambientales pueden tener sobre sus productos, servicios, mercados y clientes, y ante esta premisa, velar porque exista un compromiso para preservar el medio ambiente y que el mismo se cumpla.

La empresa debe considerar la contaminación como una consecuencia de la ineficiencia de los procesos y las tecnologías utilizadas al interior de la empresa; actuar sobre esas ineficiencias, generará ahorros en materia prima, insumos y energía, mejorando la capacidad competitiva de la empresa y también su desempeño ambiental.

### **1.3. Tipos de mantenimiento utilizados en la actualidad**

Los mantenimientos utilizados en la empresa, son tres: preventivo, programado y reparativo.

#### **1.3.1. Mantenimiento preventivo**

Es realizado diaria y semanalmente al final de las jornadas de producción y consiste en una serie de inspecciones, limpiezas, calibraciones y reparaciones menores, acorde a los procedimientos establecidos. Su propósito es mantener el equipo en condiciones óptimas para llevar a cabo la producción, así como también prever averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas.

#### **1.3.2. Mantenimiento programado**

Es realizado mensual, trimestral, semestral y anualmente, y programado fuera de períodos productivos para no afectar los índices de eficiencia y efectividad. Se utiliza para reparar fallas detectadas con anterioridad e

identificar fallas próximas. Cada equipo utilizado cuenta con un procedimiento, en el cual se establecen las actividades que se deben llevar a cabo para la realización de este mantenimiento.

### **1.3.3. Mantenimiento reparativo**

Se ocupa de la reparación una vez se ha producido una falla en el equipo. Hay que tomar en cuenta que el mantenimiento reparativo no se puede eliminar en su totalidad, por lo tanto, el mantenimiento preventivo y el programado deben de realizarse apropiadamente para disminuir el tiempo ocupado en reparaciones por falla, para que sea rentable a la empresa.

### **1.4. Producción de no productos**

Una estrategia de prevención ambiental parte de la constatación de que todos los residuos que son generados en un proceso productivo, lo son desde que se realiza el diseño del producto, la compra, transporte y operaciones industriales para transformación de las materias primas, hasta la entrega al usuario. Al considerar todos los residuos generados desde el diseño del producto se logran identificar procesos que pueden mejorarse en cuestiones ambientales, disminuyendo con esto los riesgos que el producto genera al medio ambiente.

Es importante considerar que el objetivo del proceso es producir eficientemente sus productos y no la producción de “no-productos” como son los residuos sólidos, desperdicios, aguas residuales, etc., los cuales además de las pérdidas de energía que pueda tener una planta industrial, son generados a partir de materiales adquiridos y de procesos de transformación que tienen un costo establecido para la producción. Como resultado de eliminar la producción

de no-productos la planta se vuelve eco-eficiente, además de disminuir los costos de producción al optimizar los insumos utilizados.

### **1.5. Relación entre producción más limpia y mantenimiento productivo total**

El mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en inglés, *total productive maintenance*) como herramienta para obtener una producción más limpia busca incrementar la productividad, a la vez que se disminuye el uso de los recursos como la energía, y aumenta la utilización de materias primas. Como parte de la producción más limpia se encuentra el principio de buen mantenimiento, el cual está enfocado a tomar las acciones apropiadas de administración y operaciones para prevenir: fugas, derrames, paradas sorpresivas; también a modificar procedimientos operativos, instrucciones de uso de equipos y llevar registros de operación de manera que los procesos se ejecuten más eficientemente.

La gestión ambiental enmarcada en el mantenimiento productivo total al interior de la compañía busca obtener un gran número de beneficios como: ahorro de energía eléctrica, ahorro en el consumo de agua, reducción de riesgos ambientales, aseguramiento de procesos, ahorro de materias primas, y disminución de desechos sólidos.

### **1.6. Buenas prácticas de manufactura para la optimización de procesos**

En el contexto del mantenimiento productivo total y de producción más limpia, las "buenas prácticas" comprenden una serie de medidas voluntarias y de fácil aplicación para aumentar la productividad, bajar los costos, reducir el

impacto ambiental de la producción, mejorar el proceso productivo y elevar la seguridad industrial.

La optimización de procesos tiene varios matices, seguidores y detractores, pero lo cierto es que el término “optimización” en sí es demasiado ambicioso para las empresas, las cuales se ven obligadas a ajustarse al entorno, nuevos estándares y normativas legales. El mejor proceso debe ajustar el flujo de tareas, entradas y salidas, de manera que entregue la mejor calidad al menor costo y en el menor tiempo.

Los recursos utilizados en los procesos productivos de la planta son: materia prima, agua y energía; cuando estos recursos se utilizan eficientemente disminuye la contaminación, y se ha encontrado que los beneficios obtenidos aportan de forma significativa a la optimización de procesos, incremento de la productividad y conservación del medio ambiente.

Las buenas prácticas de manufactura dentro de la empresa se basan en la puesta en marcha de una serie de procedimientos destinados a mejorar y optimizar los procesos productivos y a promover la participación del personal; actividades con el objetivo de eliminar desperdicios o uso excesivo de insumos y tiempo, minimizando los residuos, las emisiones y los consumos energéticos.

Las buenas prácticas de manufactura son un conjunto ordenado de propuestas ecoeficientes que no representan un gran esfuerzo para la empresa. Dentro de la empresa se pueden diferenciar buenas prácticas de manufactura para desarrollar en el área de procesos productivos, almacenaje de los productos, generación y gestión de los residuos, oficinas, entre otros. Son también medidas con procedimientos administrativos o institucionales, que una industria usa para aumentar su rentabilidad.



## **1.7. Tecnologías más limpias para la optimización de procesos y productos**

El objetivo primordial de la empresa es transformar la materia prima en un producto comerciable. La generación de residuos y emisiones durante el proceso productivo puede ser considerada como una pérdida del proceso y un mal aprovechamiento de la materia prima empleada; por lo tanto, representa un costo adicional del proceso productivo. A su vez, la generación de residuos origina impactos económicos importantes asociados a los costos de tratamiento y disposición final de estos.

Las tecnologías limpias son opciones que permiten reducir la contaminación en el ambiente natural y la generación de desechos, además de aumentar la eficiencia del uso de recursos naturales como el agua y la energía, permitiendo generar beneficios económicos, optimizando costos y mejorando la competitividad los productos.

El cambio o mejoramiento de las tecnologías utilizadas en el proceso de producción, se refiere a las modificaciones que pueden realizarse en el proceso o en los equipos, con la finalidad de reducir los residuos y emisiones, así como de hacer un uso eficiente de materias primas y energía.

Por ejemplo, si en una máquina se dan disminuciones de velocidad o microparos, hay que identificar las causas que ocasionan dichos microparos y eliminarlas del proceso productivo, ya que en el arranque de la máquina se utiliza mayor cantidad de energía; por lo que si se eliminan los microparos, la empresa tendrá ahorros de energía significativos.

## 1.8. Base teórica

### 1.8.1. Eficiencia de los activos operativos

La eficiencia de los activos operativos (OAE, por sus siglas en inglés, *operating asset efficiency*) indica el rendimiento global de una célula operativa basado en el tiempo con presencia de personal. Es una medida del rendimiento total del equipo, es decir, el grado en el que el activo hace lo que se pretende que haga. Es un instrumento de análisis de tres componentes para el rendimiento del equipo, basado en la disponibilidad real, el rendimiento y la calidad del producto.

La eficiencia de los activos operativos se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{OAE} = \text{Grado de utilización} \times \text{Índice de producción} \times \text{Tasa de aceptación}$$

La tabla I muestra cómo calcular cada uno de los índices de la fórmula anterior:

Tabla I. **Componentes OAE**

OAE = Herramienta de análisis del rendimiento del equipo con tres componentes		
Disponibilidad = grado de utilización	Eficiencia de rendimiento = índice de producción	Calidad del producto = tasa de aceptación
$\frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Tiempo con presencia de personal}}$	$\frac{\text{Velocidad de producción}}{\text{Velocidad de producción deseada}}$	$\frac{\text{Producto aceptado}}{\text{Producción total}}$

Fuente: elaboración propia.

Una buena medida inicial de OAE ayuda a identificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto TPM. Sirve para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo de recursos necesarios para el proyecto y controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta.

### **1.8.2. Cambios de formato**

Los cambios de formato son un conjunto de actividades realizadas para cambiar de un producto a otro, tales como desmontaje de piezas, limpieza, montaje de piezas, ajustes y pruebas. La reducción de tiempos en los cambios de formato (en el tiempo más breve posible) pretende alcanzar en las líneas de producción un mejor rendimiento-disponibilidad. Por tanto, esta mayor disponibilidad se puede utilizar según las necesidades del momento.

Para reducir los tiempos de cambios de formato, y debido a su diversidad, las operaciones realizadas en los cambios de formato deben de ser analizadas desde el punto en que se obtiene el último producto aceptado del lote que se finalizó, hasta el primer producto aceptado del siguiente lote.

Con la finalidad principal de reducir los tiempos en dichos cambios de formato, se debe de establecer un nuevo método basado en la observación, estudio y racionalización de aquellas operaciones necesarias que permitan la disminución de dichos tiempos, obteniendo con ello la disminución de tiempos muertos, así como los costos que esto involucra. Las fases del cambio de modelo, son:







- Definir las herramientas y elementos de máquinas involucrados en el cambio de formato, y los criterios que se deben de utilizar para su transporte, limpieza, almacenaje y utilización; para que estén disponibles en el momento adecuado.
  
- Establecer operaciones elementales del proceso que se observarán y analizarán, tales como:
  - Operaciones de preparación
  - Operaciones de desmontaje-montaje
  - Operaciones de limpieza y sanitización
  - Operaciones de regulación
  - Operaciones de ensayos y ajustes

### **1.8.3. Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es una técnica utilizada para determinar el tiempo estándar permitido en el cual se llevará a cabo una actividad, tomando en cuenta las demoras personales, fatiga y retrasos que se puedan presentar al realizar dicha actividad. El estudio de tiempos busca producir más en menos tiempo y mejorar la eficiencia en las estaciones de trabajo.

Los diagramas de proceso son una herramienta de análisis y consisten en una representación gráfica de los pasos que se siguen, en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza, vea tabla II; además, incluye toda la información que sea considerada necesaria para el análisis, tal como: distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

Tabla II. **Símbolos utilizados en los diagramas de procesos**

Actividad	Símbolo
Operación	
Transporte	
Inspección	
Demora	
Almacenaje	
Inspección y Operación	

Fuente: García, Roberto. Estudio del trabajo. p. 42.

El diagrama de proceso de flujo es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. El propósito principal de los diagramas de flujo es proporcionar una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso y mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales.

#### **1.8.4. Mantenimiento productivo total**

El mantenimiento productivo total es una expresión ideada por General Electric en los años 50; es un moderno sistema gerencial de soporte al

desarrollo de la industria que permite tener equipos de producción siempre listos. Su metodología establece las estrategias adecuadas para el aumento continuo de la productividad.

La manera de gestionar el mantenimiento de los activos de una empresa debe estar acorde con las exigencias actuales de la globalización. La competitividad de las organizaciones depende en gran parte de cómo se lleve a cabo la gestión del mantenimiento. El mantenimiento productivo total está orientado a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa.

La herramienta TPM es un enfoque de gestión con sentido común, busca la maximización eficiente del sistema de producción a través de la ampliación del ciclo de vida de toda la maquinaria y la elaboración de un sistema con base en el área de producción, para prevenir todas las pérdidas mediante actividades de grupos de trabajo, con la participación de toda la empresa, desde los ejecutivos hasta los operadores.

#### **1.8.5. Herramienta 5´S**

La herramienta 5´S, consta de cinco etapas: separar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener (vea figura 1); esta se implementa con la finalidad de mantener el cuarto de producción ordenado, limpio y siempre listo para comenzar la producción.

Aparte de la preparación del lugar de trabajo, la herramienta 5´S construye la motivación requerida dentro del colaborador, ya que la contribución personal es visible y reconocida. La implementación de esta herramienta pretende que:

- Únicamente el material y herramientas necesarios permanezcan en el área de trabajo.
- El flujo de trabajo sea optimizado para mejorar la efectividad de los empleados.
- Los equipos, materiales y herramientas necesarios sean ubicados en puntos definidos con base en flujo de trabajo mejorado.
- Los empleados del área implementen y echen a andar la herramienta (empoderamiento).
- Los empleados del área tomen dominio para asegurar que las mejoras se mantengan (auto-auditorías).
- La gerencia asegure a través del reconocimiento y de las auditorías, la sostenibilidad de las mejoras.

La etapa separar, consiste en mantener solamente lo necesario, y esto se logrará por medio de los siguientes pasos:

- Revisar el área de trabajo.
- Separar lo que es útil, eliminar lo excesivo.
- Definir un lugar donde ubicar temporalmente lo que no fue necesario, pero que puede ser utilizado por otros.

- Decidir qué se hará con los objetos descartados.

Figura 1. **Herramienta 5's**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente etapa es la de ordenar y esta consistirá básicamente en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.



La etapa de limpieza consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado y garantizando que el área permanezca siempre en el mejor estado posible.

La etapa estandarizar consiste en crear controles visuales que ayuden a mantener las tres primeras. Estos controles visuales deben permitir que se distinga fácilmente una situación normal de otra que no lo es, mediante una norma visible para todos, de manera que alguien ajeno al área pueda ver que algo no está bien ubicado. Para que el control visual sea eficaz requiere que se establezca también cómo actuar en caso de desviación.

Por último, la etapa mantener asegurará que la herramienta se ponga en práctica durante la vida útil de los equipos, dándole seguimiento y mejora continua. Se deberá realizar auditorías periódicas en el cuarto de producción por parte de los supervisores.

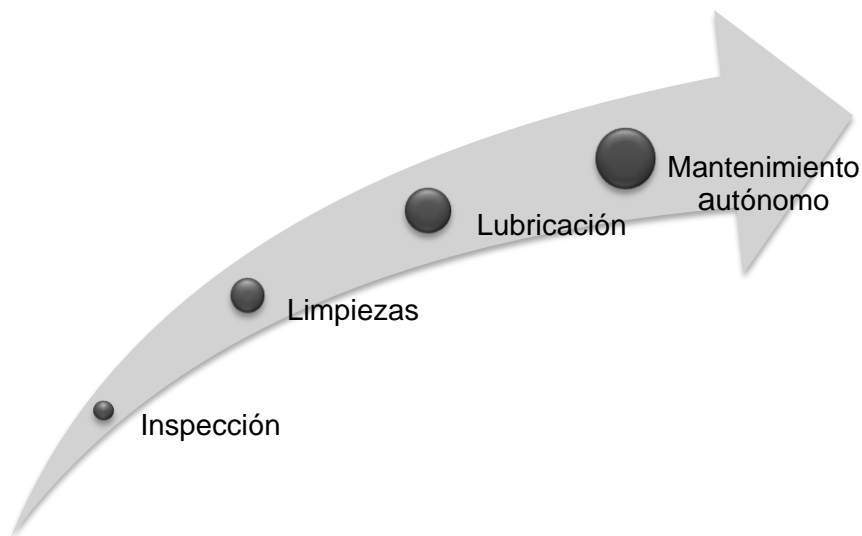
#### **1.8.6. Mantenimiento autónomo**

El mantenimiento autónomo es, básicamente la prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos; puede y debe contribuir significativamente a la eficiencia del equipo. Forma parte de la etapa de implementación del mantenimiento productivo total, es probablemente una de las acciones más difíciles y que lleva más tiempo en realizar, porque a los operadores y operarios de mantenimiento se les dificulta dejar su forma habitual de trabajo.

El mantenimiento autónomo no sólo requiere que haya un cambio en la cultura organizacional, sino que los operarios adquieran las destrezas y

habilidades necesarias para realizar las actividades básicas del mantenimiento autónomo como inspección, limpieza y lubricación de los equipos con los que trabaja (vea figura 2).

Figura 2. **Hacia un mantenimiento autónomo**



Fuente: elaboración propia.

Inicialmente se debe realizar actividades, capacitaciones y adiestramientos en conjunto con los operarios, mecánicos y supervisores, para que aprendan haciendo pero siempre bajo la supervisión de personas especializadas, a efecto de que mientras los operarios adquieren las habilidades necesarias para realizar las actividades de inspección, limpieza y lubricación, la eficiencia de los activos no disminuya.

Los operarios deberán realizar inspecciones diarias y semanales en los equipos que conforman la línea de sellado y empaque, y comprobar que no haya partes dañadas, desgastadas o sucias, sin desmontar ninguna pieza. En especial deberán poner mayor atención en aquellas partes que suelen fallar con

mayor frecuencia, como las ventosas y los plegadores. Luego de realizar la inspección, el operario deberá marcar en una orden de trabajo las inspecciones que realizó y anotar las anomalías que haya encontrado.

### **1.8.7. Empoderamiento**

El empoderamiento (comúnmente conocido como *empowerment*) es el hecho de delegar poder y autoridad a los subordinados y de conferirles el sentimiento de que son dueños de su propio trabajo. Es una herramienta que en los modelos de mejora continua y reingeniería, así como en las empresas ampliadas, provee de elementos para fortalecer los procesos que llevan a las empresas a su desarrollo. Empoderamiento significa también delegar, sin perder el control, pero control de la situación no de la gente.

Los tres elementos para integrar a la gente son:

- Las relaciones; las cuales deben ser efectivas y sólidas.
- La disciplina; debe existir un orden y se deben definir los roles.
- El compromiso, congruente y decidido en todos los niveles, pero promovido por los líderes y agentes de cambio.

El *empowerment* tiene entre sus beneficios:

- Aumentar la confianza de los integrantes de la empresa.
- Aumentar la responsabilidad, autoridad y compromiso en la satisfacción del cliente.

- Aumenta la creatividad.
- Los integrantes de la empresa comparten liderazgo y las tareas administrativas.
- Los miembros tienen facultad para evaluar y mejorar la calidad del desempeño y el proceso de información.
- Se mejora la confianza en las comunicaciones y las relaciones.
- Incrementa el entusiasmo y una actitud positiva.

## **2. ANÁLISIS Y ESTUDIOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Descripción del proceso**

El mantenimiento productivo total se implementará en la línea de sellado y empaque (línea de producción 7) de la planta de producción, la cual consta de tres máquinas. La primera es la selladora, esta se encarga de la producción de blísteres; la segunda es la estuchadora, la cual empaca los blísteres en estuches y la tercera es la cartonadora, la cual arma los fardos y los introduce en cajas de cartón. En la figura 6 se muestra el diagrama de flujo del proceso.

A continuación se describe el proceso de producción de cada una de las máquinas de la línea de sellado y empaque.

#### **2.1.1. Proceso en selladora**

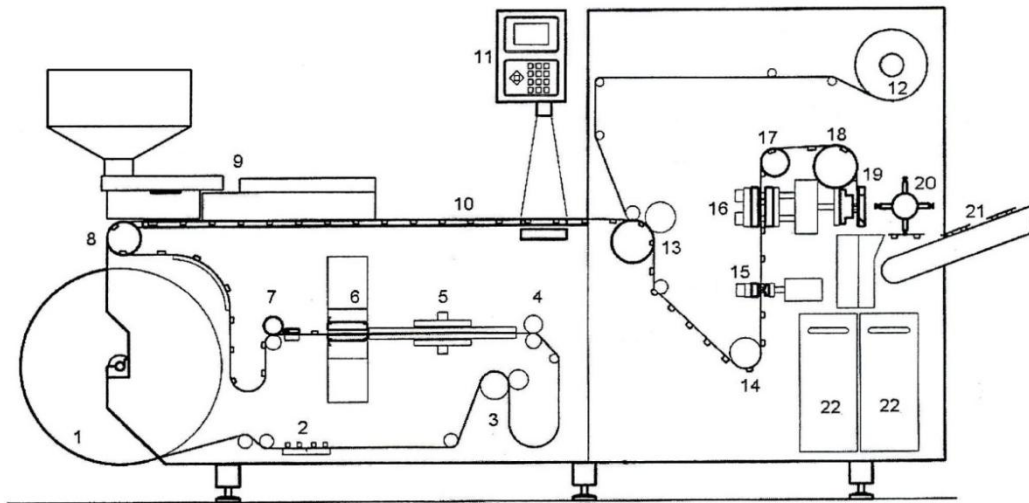
Para mayor comprensión, la figura 3 muestra el flujo del proceso de la selladora; este se describe a continuación:

La lámina de formación (1-2), generalmente aclar, se va extrayendo de la bobina mediante un dispositivo extractor de lámina (3-4).

A continuación, el dispositivo de calentamiento (5) por contacto la caliente, y una vez que se encuentra en estado plástico, la estación de formación (6) en profundidad refrigerada con agua, le da forma mediante aire comprimido.

La lámina de formación (7-8) que ya ha recibido forma recorre a continuación un tramo de alimentación de producto y de control de presencia de producto (9-11). En él los productos se introducen de modo plenamente automático mediante los correspondientes grupos de alimentación, o bien son introducidos de forma manual.

Figura 3. Flujo del proceso en selladora



- |                               |                                      |                           |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 1. Lámina de formación        | 9. Alimentación de producto          | 17. Rodillo de desviación |
| 2. Mesa de corte y de empalme | 10. Guía                             | 18. Rodillo de avance     |
| 3. Extractor de lámina        | 11. Control de presencia de producto | 19. Troquel               |
| 4. Desbobinador derecho       | 12. Lámina de sellado                | 20. Expulsión de producto |
| 5. Estación de calentamiento  | 13. Estación de sellado              | 21. Cinta de transporte   |
| 6. Estación de formación      | 14. Rodillo compensador              | 22. Recipiente            |
| 7. Desbobinador izquierdo     | 15. Estación de codificación         |                           |
| 8. Desviador                  | 16. Estación de perforación          |                           |

Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 52.

En la estación de sellado (12-14), la lámina de formación que contiene el producto, se sella herméticamente con una lámina de sellado adecuada. La operación de sellado tiene lugar entre el rodillo de sellado calentado y el desbobinador correspondiente al formato en cuestión. Cuando la máquina se pone en marcha, el rodillo de sellado se desplaza hacia dentro neumáticamente, y cuando la máquina se para, se desplaza hacia fuera.

Un dispositivo mecánico de codificación (15) graba en los blísteres mediante tipos de acero el número de lote y fecha de caducidad. Los blísteres reciben en la estación de perforación (16-18) una perforación longitudinal y transversal.

Los blísteres terminados se van cortando uno a uno mecánicamente (19) y se colocan en una banda transportadora (20-21), que los traslada hacia la estuchadora, y los desperdicios se recogen en un recipiente (22).

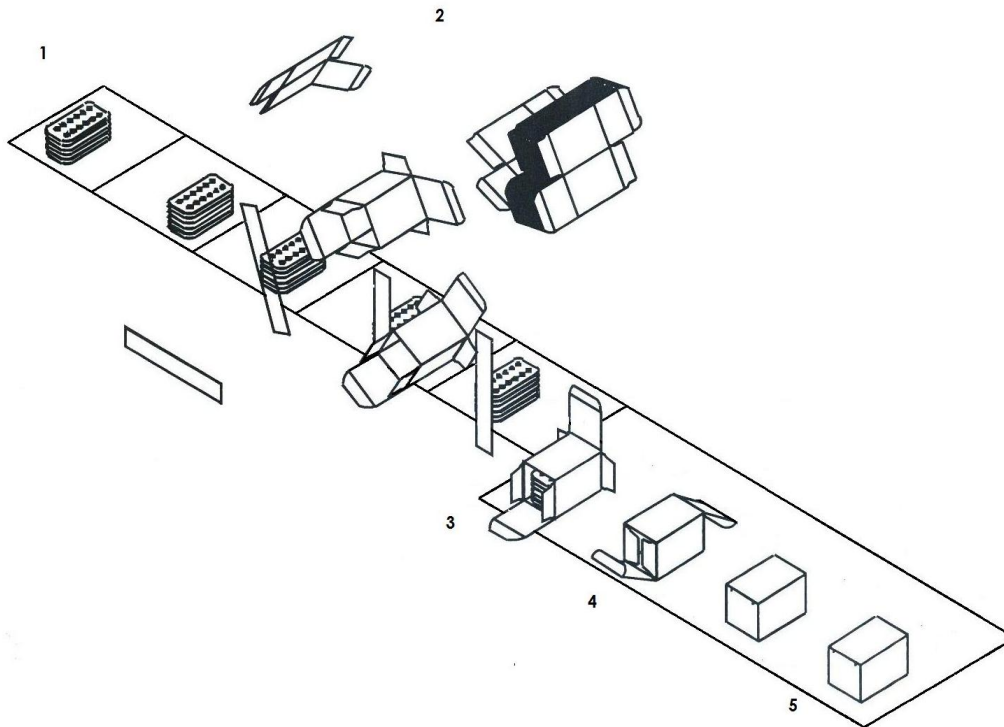
### **2.1.2. Proceso en estuchadora**

Para mayor comprensión, la figura 4 muestra el flujo del proceso de la estuchadora; este se describe a continuación:

Un sistema de alimentación (1) situado en la línea arriba de la estuchadora deposita el producto en la cadena de cajones. La cadena de cajones, con un movimiento continuo, traslada el producto que se ha de envasar a la zona de introducción en el estuche. Unas ventosas (2) toman el estuche del almacén, seguidamente el estuche es abierto con un movimiento positivo y colocado en el interior de los dientes de la correa de transporte.

El producto colocado en la cadena de cajones (3), es introducido por el empujador en el estuche. Y se procede a colocar la respectiva codificación en el estuche en una de las solapas. Durante la traslación en salida (4), el envase se completa con el cierre de las solapas del estuche. Un grupo de descarte (5) separa los productos correctos de los incorrectos. Y el producto es trasladado finalmente hacia la cartonadora.

Figura 4. **Flujo del proceso en estuchadora**



Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 55.

### 2.1.3. Proceso en cartonadora

Para mayor comprensión, la figura 5 muestra el flujo del proceso de la cartonadora, este se describe a continuación:



Los cartones contenidos en el almacén (1) deben llevarse hasta la posición de recogida. En el almacén de cartones, el brazo porta ventosas desciende desde la posición de reposo hasta llegar cerca del primer cartón todavía extendido, en el interior de las guías del almacén. Una electroválvula habilita el circuito del vacío permitiendo así la recogida del cartón (2).

Empieza la fase de traslación del cartón mientras que un segundo brazo, solidario al primero, con movimiento neumático articulado, realiza una rotación de 90°, colocándose en contacto con el lado inferior del cartón; finalizada la carrera el cilindro rotatorio abre el cartón, que es depositado entre las cintas de transporte (3). Una vez completada la introducción entre las cintas de transporte, la válvula del vacío interrumpe la aspiración de las ventosas y las solapas internas del lado del operario se cierran (4).

La máquina estuchadora situada línea arriba, deposita los estuches en la cinta transportadora hasta alcanzar la zona de apilado (5). Los estuches en llegada forman ordenadamente una capa, que tan pronto como se completa, es levantada por medio de un platillo elevador y sostenida en el grupo de apilado por dos bandas elásticas (6).

El fardo se compone añadiendo una capa en la parte inferior que eleva las capas precedentemente formadas. Una vez finalizada la composición una trasladador mueve el fardo hasta la zona de introducción en el cartón (7).

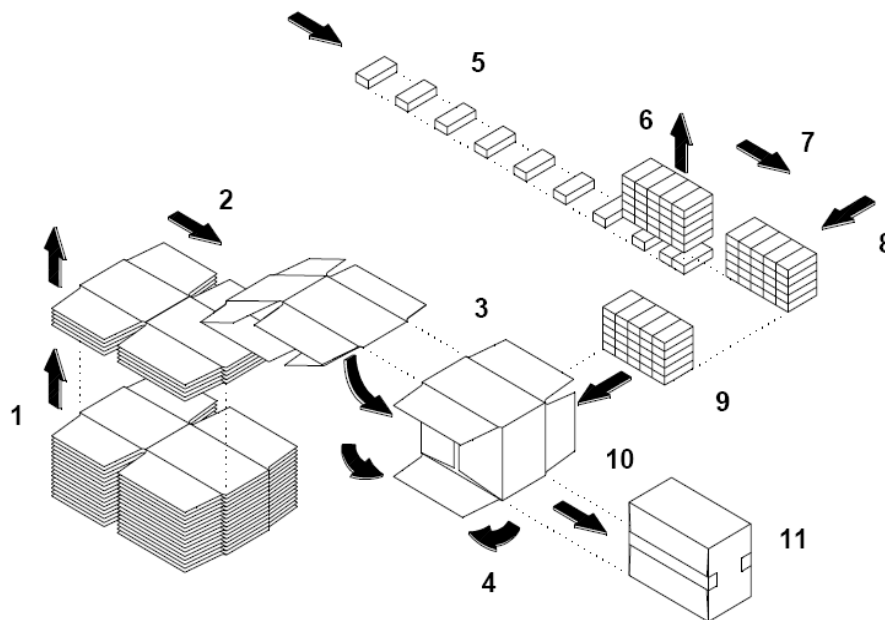
Un empujador motorizado introduce el fardo en la tolva que lo guía hasta la introducción en el cartón (8).

Si la composición del paquete final prevé la introducción de dos fardos en el cartón, se realizará una primera introducción del fardo en la tolva (9), y después de la formación de un segundo fardo se realizará la introducción de ambos en el cartón.

Ahora el cartón está lleno, se cierran las solapas internas del lado opuesto al operario y se pliegan las solapas externas superiores (10). Las cintas que sostienen el cartón por la parte superior e inferior del mismo se ponen en movimiento, arrastrándolo a través de una serie de guías de cierre de las solapas externas.

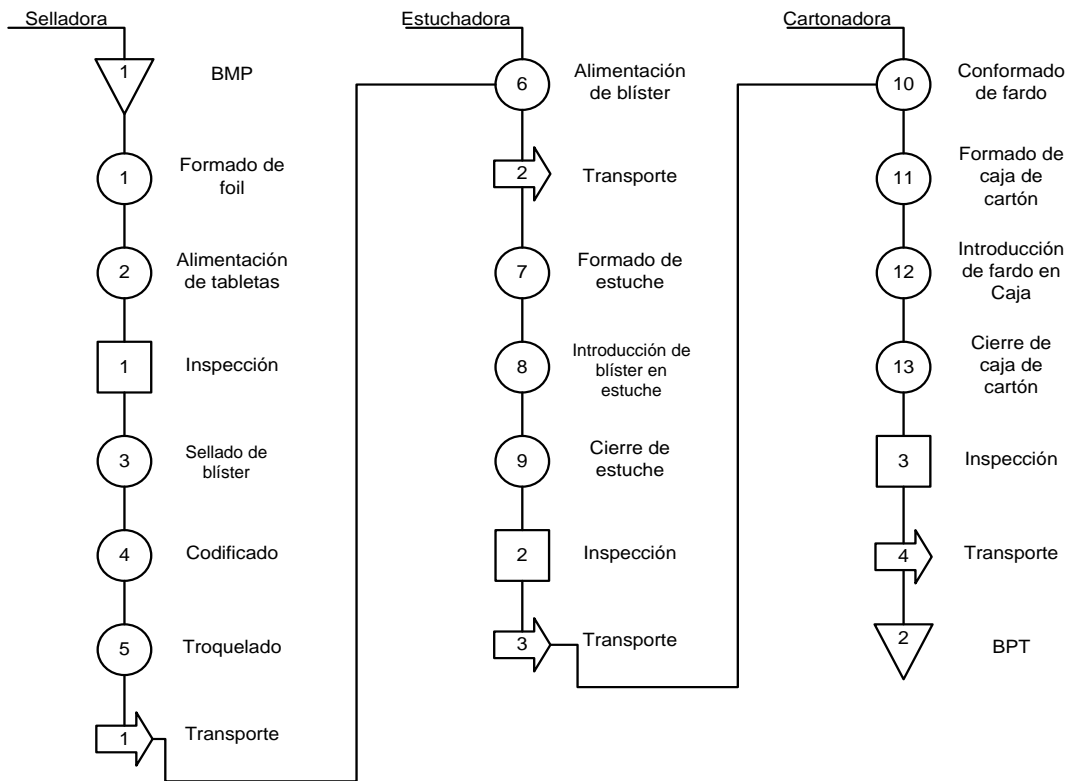
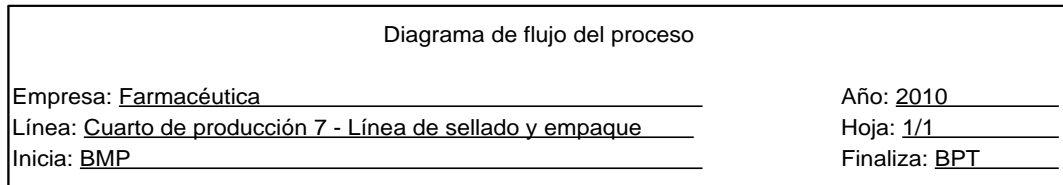
Durante la traslación el cartón se cierra por medio de cinta adhesiva (11) y se lleva hacia la salida.

Figura 5. Flujo del proceso en cartonadora



Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 60

Figura 6. Diagrama de flujo de la línea de producción 7



Resumen		
Símbolo	Descripción	Cantidad
▽	Bodega	2
○	Operación	13
□	Inspección	3
⇨	Transporte	4
<b>Total</b>		<b>22</b>

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.4. Jornadas de trabajo**

Las jornadas de trabajo se planifican según la cantidad de producto demandado. Si la demanda es baja se trabajan jornadas diurna y mixta, y cuando la demanda es alta se agrega la jornada nocturna.

El tiempo otorgado al personal para comidas es el siguiente:

- Jornada diurna: 25 minutos de refacción y 40 minutos de almuerzo
- Jornada mixta: 25 minutos de refacción
- Jornada nocturna: 40 minutos de cena

### **2.2. Eficiencia de los activos operativos**

#### **2.2.1. Recolección de datos**

La recolección de datos se hizo a través de una bitácora, en la cual los operarios se encargan de anotar todos los paros que afectan la productividad de la línea.

Los datos que se utilizarán para el cálculo de la eficiencia de los activos operativos, abarcan los meses de septiembre de 2009 a marzo de 2010 (diciembre se excluye del análisis ya que durante este mes no hubo producción), y se pueden dividir de la siguiente manera:

### **2.2.1.1. Paros planificados**

Los paros planificados que se dan en la línea de producción 7, se muestran a continuación. La tabla III muestra el tiempo que se perdió a causa de cada paro durante los meses de septiembre 2009 a marzo 2010.

- Interrupciones técnicas: tiempo perdido debido a fallos que puedan ocurrir en una línea, a causa de cambio de lote. El cambio de lote implica actividades como despejar de área de trabajo, llenar de información del siguiente lote en el protocolo de producción, cambiar de códigos, alimentar con producto y realizar pruebas.
- Comidas: tiempos otorgados al personal para comidas.
- Cambio de lámina de formación: tiempo ocupado para cambio de material de empaque primario en la selladora.
- Cambio de formato: limpieza y montaje de elementos de máquina por cambio de producto.
- Cambio de lámina de sellado: tiempo ocupado para cambio de material de empaque primario en la selladora.
- Ajustes iniciales: tiempos de ajustes en línea hasta obtener una producción continua y con niveles de calidad aceptables.
- Espera de resultados CEP: espera de los resultados del control de calidad en proceso.

Tabla III. **Paros planificados**

<b>Paros planificados - Cuarto de producción 7, meses: septiembre 2009 a marzo 2010</b>							
<b>Mes</b>	<b>Interrupciones técnicas (min.)</b>	<b>Comidas (min.)</b>	<b>Cambio de formato (min.)</b>	<b>Cambio de lámina de formación (min.)</b>	<b>Cambio de lámina de sellado (min.)</b>	<b>Ajuste inicial de tableta (min.)</b>	<b>Espera de resultados CEP (min.)</b>
<b>Septiembre 2009</b>	983	2 211	2 317	142	180	13	301
<b>Octubre 2009</b>	853	1 909	2 158	189	232	26	325
<b>Noviembre 2009</b>	1 327	2 166	1 459	147	287	0	430
<b>Enero 2010</b>	560	1 365	1 585	121	331	0	199
<b>Febrero 2010</b>	2 290	2 234	1 369	173	285	0	546
<b>Marzo 2010</b>	1 690	789	905	110	236	18	414

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.1.2. Paros no planificados**

Los paros no planificados que se dan en la línea de producción 7, se muestran a continuación. La tabla IV muestra el tiempo que se perdió a causa de cada paro, durante los meses de septiembre 2009 a marzo 2010.

- Interrupciones técnicas: tiempos perdidos debido a fallas técnicas que puedan ocurrir en una célula operativa, incluidos problemas de calidad del material que lleven a interrupciones técnicas, y tiempo de reparaciones no programadas que puedan ser necesarios.
- Falta de personal: personal de control en proceso, de producción y/o de ingeniería y mantenimiento, no disponible una vez iniciada la producción.

- Condiciones ambientales: desestabilizaciones en las condiciones ambientales como la humedad, temperatura del aire y falta de suministro de energía eléctrica.
- Falta de material: tiempos muertos por falta de materia prima para iniciar o continuar la producción.

Tabla IV. **Paros no planificados**

<b>Paros no planificados - Cuarto de producción 7, meses: septiembre 2009 a marzo 2010</b>				
<b>Mes</b>	<b>Interrupciones técnicas (min.)</b>	<b>Falta de personal (min.)</b>	<b>Condiciones ambientales (min.)</b>	<b>Falta de material (min.)</b>
<b>Septiembre 2009</b>	4 333	1	40	172
<b>Octubre 2009</b>	7 796	95	12	242
<b>Noviembre 2009</b>	3 666	55	261	222
<b>Enero 2010</b>	2 169	42	93	257
<b>Febrero 2010</b>	4 488	0	177	129
<b>Marzo 2010</b>	3 769	36	94	204

Fuente: elaboración propia.

## **2.2.2. Cálculo del OAE**

### **2.2.2.1. Grado de utilización**

El grado de utilización indica el tiempo en que la línea de producción estuvo produciendo y se obtiene de la relación entre el tiempo operacional y el tiempo disponible. El grado de utilización para los meses de septiembre 2009 a marzo 2010 se muestra en la tabla V. Por ejemplo, para el mes de septiembre

2009 el tiempo disponible es de 23 542 minutos, el tiempo operacional es el tiempo disponible menos el tiempo que se detuvo la producción a causa de paros planificados y no planificados, siendo de 12 849 minutos para el mismo mes; el cociente de estos dos da como resultado la disponibilidad que tuvo la línea en este mismo mes, la cual fue de 54,58%.

Tabla V. **Grado de utilización**

<b>Disponibilidad de la línea de producción 7</b> meses: septiembre 2009 a marzo 2010						
<b>Mes</b>	<b>Tiempo disponible (min)</b>	<b>Paros planificados (min)</b>	<b>Tiempo neto disponible (min)</b>	<b>Paros no planificados (min)</b>	<b>Tiempo operacional (min)</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>
<b>Septiembre 2009</b>	23 542	6 147	17 395	4 546	12 849	54,58
<b>Octubre 2009</b>	24 869	5 692	19 177	8 145	11 032	44,36
<b>Noviembre 2009</b>	23 958	5 816	18 142	4 204	13 938	58,18
<b>Enero 2010</b>	16 260	4 161	12 099	2 561	9 538	58,66
<b>Febrero 2010</b>	25 488	6 897	18 591	4 794	13 797	54,13
<b>Marzo 2010</b>	17 680	4 162	13 518	4 103	9 415	53,25

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2.2. Índice de producción

El índice de producción es una relación entre la velocidad de producción real y la velocidad de producción deseada, donde la velocidad real es la relación entre la producción y el tiempo operacional; el índice de producción se muestra en la tabla VI. Por ejemplo, la eficiencia para el mes de enero 2010 se obtiene de dividir la producción real que es de 13 632 393 unidades dentro del tiempo operacional que es de 9 538 minutos y el resultado obtenido se divide



dentro de la velocidad teórica que es de 2 221 u/min; con esto se obtiene una eficiencia del 64,34%.

Tabla VI. Índice de producción

<b>Índice de producción de la línea de producción 7 meses: septiembre 2009 - marzo 2010</b>				
<b>Mes</b>	<b>Tiempo operacional (min)</b>	<b>Producción real (u)</b>	<b>Velocidad teórica (u/min)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
<b>Septiembre 2009</b>	12 849	19 632 732	2 046	74,68
<b>Octubre 2009</b>	11 032	17 101 440	2 351	65,95
<b>Noviembre 2009</b>	13 938	21 311 796	2 435	62,79
<b>Enero 2010</b>	9 538	13 632 393	2 221	64,34
<b>Febrero 2010</b>	13 797	22 332 303	2 310	70,07
<b>Marzo 2010</b>	9 415	14 929 806	1 947	81,46

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2.3. Tasa de aceptación

La tasa de aceptación se obtiene realizando una inspección de calidad por lotes y es la relación entre la cantidad de producto aceptado y la cantidad total de unidades producidas.

La tasa de aceptación se muestra en la tabla VII. Por ejemplo para el mes de noviembre, el producto rechazado fue de 10 080 unidades, si el producto aceptado se divide dentro de la cantidad real producida, 21 311 796 unidades; el resultado obtenido es un índice de calidad igual a 99,95%; para el resto de meses analizados en esta sección se observa un índice de calidad igual al 100%.

Tabla VII. Tasa de aceptación

Índice de calidad de la línea de producción 7 meses: septiembre 2009 - marzo 2010				
Mes	Producto aceptado (u)	Producto rechazado (u)	Producción real (u)	Índice de calidad (%)
<b>Septiembre 2009</b>	19 632 732	0	19 632 732	100,00
<b>Octubre 2009</b>	17 101 440	0	17 101 440	100,00
<b>Noviembre 2009</b>	21 301 716	10 080	21 311 796	99,95
<b>Enero 2010</b>	13 632 393	0	13 632 393	100,00
<b>Febrero 2010</b>	22 332 303	0	22 332 303	100,00
<b>Marzo 2010</b>	14 929 806	0	14 929 806	100,00

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.2.4. Eficiencia de los activos operativos

La eficiencia de los activos operativos es una medida del rendimiento global de los equipos; por medio de los indicadores encontrados anteriormente, el OAE se puede determinar de la siguiente manera:

$$\text{OAE} = \text{Grado de utilización} \times \text{Índice de producción} \times \text{Tasa de aceptación}$$

Como puede verse en la tabla VIII, en el mes de marzo se observa el mejor OAE de los datos analizados; este se obtiene de multiplicar los índices de disponibilidad, eficiencia y calidad, los cuales fueron de 53,25%, 81,46% y 100,00%, respectivamente, obteniendo un OAE de 43,38%.

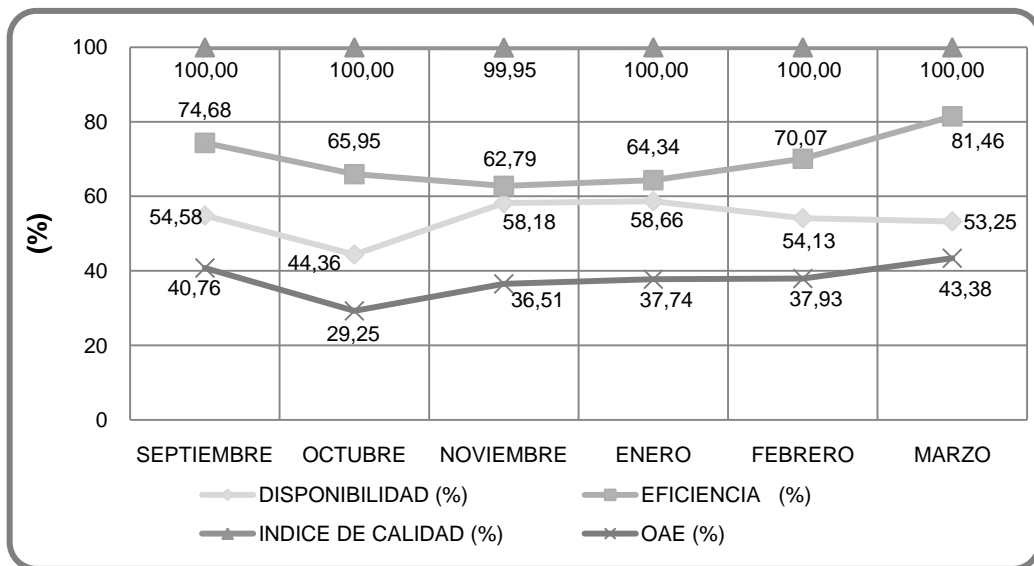
La figura 7 muestra los indicadores que se utilizan para el cálculo de OAE y la eficiencia de los activos operativos, durante un período de 6 meses.

Tabla VIII. **Eficiencia de los activos operativos**

Eficiencia de los activos operativos meses: septiembre 2009 - marzo 2010				
Mes	Disponibilidad (%)	Eficiencia (%)	Índice de calidad (%)	OAE (%)
<b>Septiembre 2009</b>	54,58	74,68	100,00	40,76
<b>Octubre 2009</b>	44,36	65,95	100,00	29,25
<b>Noviembre 2009</b>	58,18	62,79	99,95	36,51
<b>Enero 2010</b>	58,66	64,34	100,00	37,74
<b>Febrero 2010</b>	54,13	70,07	100,00	37,93
<b>Marzo 2010</b>	53,25	81,46	100,00	43,38

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Eficiencia de los activos operativos e indicadores**



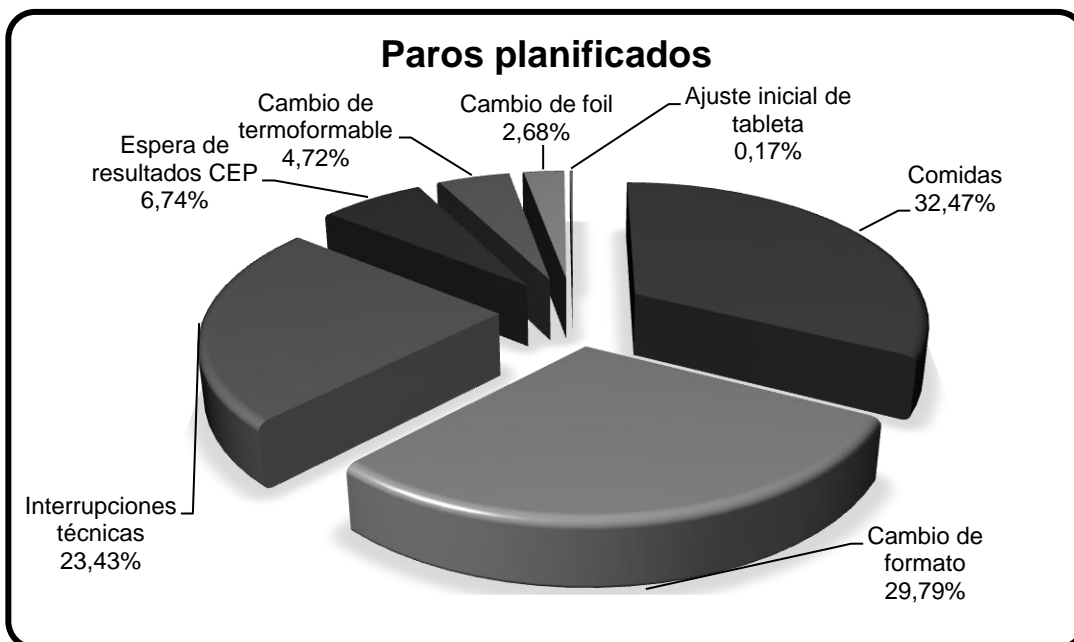
Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3. Identificación de puntos críticos en el proceso

La línea de sellado y empaque, se ve afectada diariamente por una gran cantidad de interrupciones; estas deben ser identificadas, para luego, por medio de la herramienta TPM, proponer mejoras en el proceso para tratar de eliminar aquellas causas que provocan la mayoría de estas interrupciones.

Como se vio en la sección 2.2.1., las interrupciones que se dan en esta línea se han clasificado en dos divisiones, con la finalidad de simplificar su análisis, siendo estas: paros planificados y paros no planificados. La figura 8 muestra el porcentaje de tiempo que la línea de producción permanece detenida a causa de paros planificados.

Figura 8. Paros planificados



Fuente: elaboración propia.

Los paros planificados que más afectan la eficiencia de la línea de sellado y empaque, son los paros por comidas, los cambios de formato y las interrupciones técnicas.

El 32,47% de las interrupciones planificadas es a causa de refacciones, almuerzos, y cenas; este tiempo muerto podría eliminarse paulatinamente si los turnos se conjuran de manera que la línea de producción no tuviera que detenerse por completo cuando el operario sale a comer; por medio de la herramienta TPM, se efectuarán los cambios necesarios para solucionar este problema.

Los cambios de formato representan el 29,79% de los paros planificados y la reducción de este tiempo implica optimizar las operaciones de dicho proceso. Las interrupciones técnicas planificadas representan el 23,43% de los paros planificados; estas se deben en su mayor parte a los cambios de lote.

Figura 9. **Paros no planificados**



Fuente: elaboración propia.

El 92,48% de los paros no planificados (vea figura 9) es a causa de interrupciones técnicas en la línea de producción y debido a que son los paros que más afectan la disponibilidad de la línea, la herramienta TPM debe enfocarse a disminuir el tiempo muerto a causa de estas interrupciones. En la tabla IX se muestra la clasificación general de este tipo de interrupciones.

Tabla IX. **Clasificación de interrupciones técnicas**

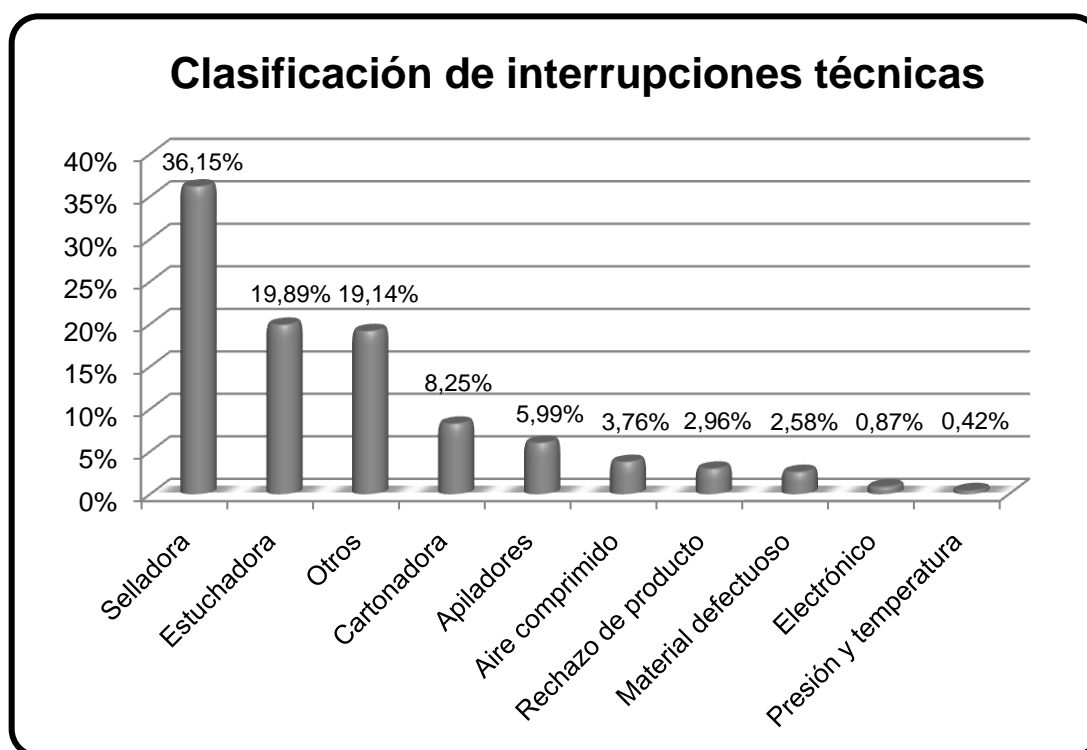
<b>Clase de interrupción técnica</b> Período: septiembre 2009 a marzo 2010	<b>Tiempo (min)</b>
<b>Selladora</b>	9 480
<b>Estuchadora</b>	5 215
<b>Otros</b>	5 020
<b>Cartonadora</b>	2 162
<b>Apiladores</b>	1 571
<b>Aire comprimido</b>	985
<b>Rechazo de producto</b>	775
<b>Material defectuoso</b>	676
<b>Electrónico</b>	227
<b>Condiciones de presión y temperatura</b>	110

Fuente: elaboración propia.

En la figura 10 se puede observar que la selladora es la causa del 36,15% y la estuchadora del 19,89% de las interrupciones técnicas no planificadas que se dan en la línea de sellado y empaque. También se observa que el 19,14% del tiempo no se puede analizar ya que los datos no están registrados correctamente en la bitácora, por lo cual una de las acciones que se deberá tomar por medio de la herramienta TPM, será la de modificar la fuente de información y adiestrar al personal que la maneja.

El mantenimiento productivo total deberá enfocarse entonces a la disminución de los tiempos ocupados en comidas, cambios de formato e interrupciones técnicas (planificadas y no planificadas).

Figura 10. **Clasificación de interrupciones técnicas**



Fuente: elaboración propia.

Se debe tomar en cuenta que por cada fallo que ocurre en la línea de producción, la máquina selladora descarta automáticamente 20 blísteres; si el blíster en promedio contiene 6 tabletas (0,33 gramos por tableta), se desperdician 120 tabletas (39,6 gramos) y 50 gramos de material de empaque (2,5 gramos por cada blíster vacío). En la siguiente tabla se muestra la cantidad de producto que se desperdició en el período analizado.

Tabla X. **Cantidad de producto descartado**

<b>Clase de interrupción técnica</b> Período: septiembre 2009 a marzo 2010	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Cantidad de paros</b>	<b>Cantidad de producto descartado (gr)</b>
<b>Selladora</b>	9 480	427	38 259
<b>Estuchadora</b>	5 215	417	37 363
<b>Otros</b>	5 020	532	47 667
<b>Cartonadora</b>	2 162	295	26 432
<b>Apiladores</b>	1 571	80	7 168
<b>Aire comprimido</b>	985	58	5 197
<b>Rechazo de producto</b>	775	39	3 494
<b>Material defectuoso</b>	676	53	4 749
<b>Electrónico</b>	227	14	1 254
<b>Condiciones de presión y temperatura</b>	110	3	269

Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Cambios de formato

La reducción de tiempos en los cambios de formato, en la línea de producción de sellado y empaque, pretende alcanzar un mejor rendimiento-disponibilidad, incrementando con ello la eficiencia de los activos operativos y permitiendo que esta mayor disponibilidad se pueda utilizar según las necesidades del momento.



### **2.3.1. Determinar herramientas y elementos de máquinas utilizados en los cambios de formato**

La optimización de los procedimientos utilizados en los cambios de formato, requiere de identificar las herramientas y elementos de máquinas empleados; luego, observar y analizar los procedimientos dividiéndolos en operaciones elementales para simplificar su análisis, para su posterior corrección.

#### **2.3.1.1. Herramientas utilizadas**

Las herramientas utilizadas para el cambio de formato son:

- Llaves Allen: para atornillar y destornillar tornillos que tienen cabeza hexagonal interior.
- Limpiadores: para limpiar y secar de superficies y piezas.
- Aspiradora: para succionar polvo que se encuentre dentro de la máquina.
- Aire comprimido: para eliminar remanentes de polvo y suciedad, además de servir para secar piezas lavadas.
- Jabón: para lavar piezas y superficies.
- Agua purificada: para lavar piezas y cualquier limpieza que requiera de su utilización.

- Alcohol: para limpiar piezas que se encuentran en contacto directo con el producto.
- Carretas de transporte: para transportar piezas del área de almacenaje a la línea de producción y de la línea de producción al área de lavado o al área de almacenaje, se debe de utilizar una carreta elaborada para este propósito.
- Guantes: para trabajar con piezas que se encuentran a altas temperaturas.
- Cepillo de bronce: para eliminar cualquier material y suciedad adherida al rodillo sellador.
- Tijeras: para realizar cortes en material de empaque.

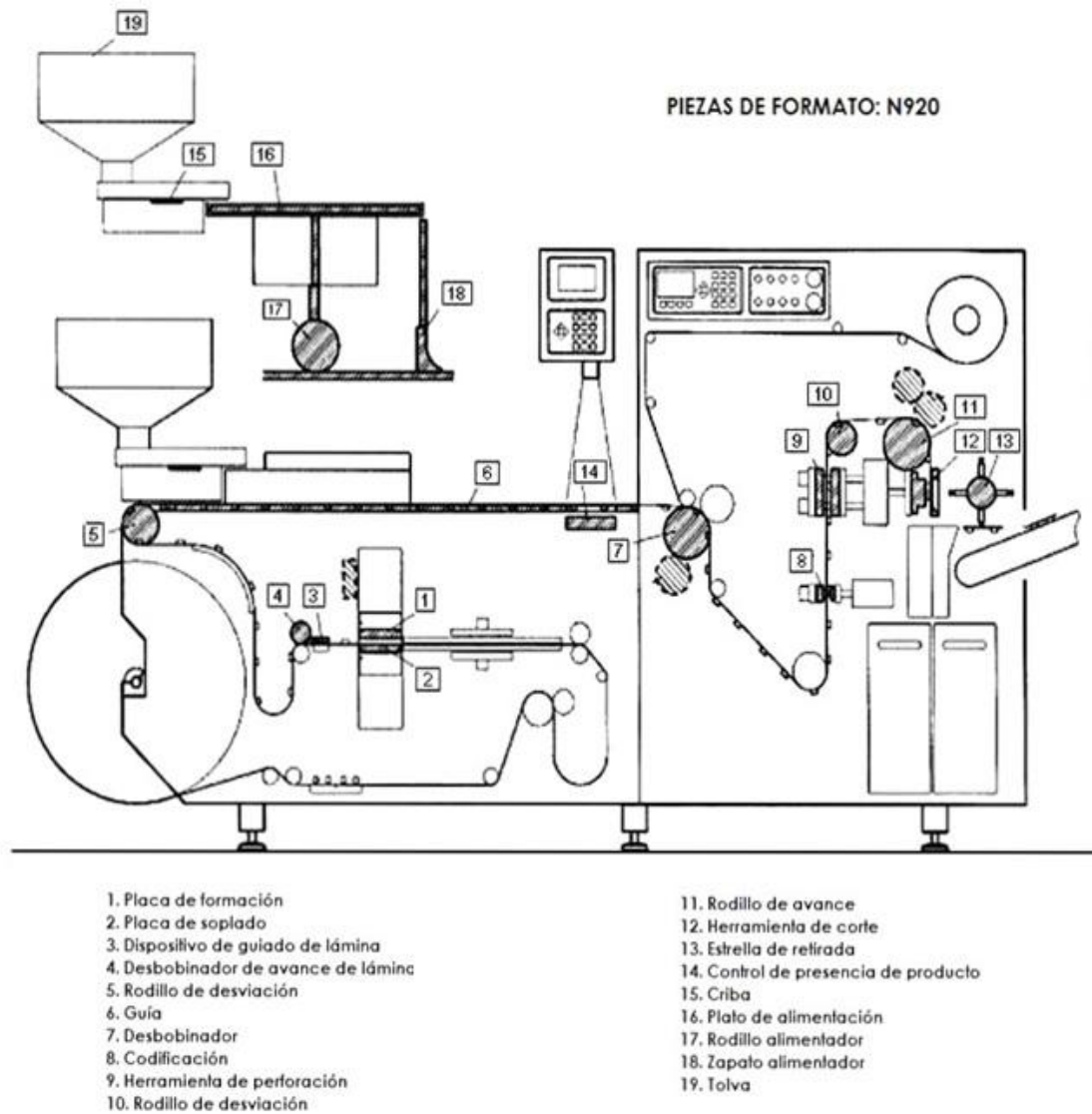
### **2.3.1.2. Elementos de máquinas utilizados**

Los elementos de máquina involucrados en el cambio de formato son similares para todos los productos, es decir, todos los formatos existentes poseen aproximadamente las mismas piezas, pero difieren en sus dimensiones.

#### **2.3.1.2.1. Selladora**

La figura 11 muestra las piezas elementales involucradas en el cambio de formato de la selladora.

Figura 11. Elementos de máquina del cambio de formato en selladora



Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 124.

Los productos elaborados poseen propiedades específicas, por lo cual el grupo de alimentación de producto varía de un producto a otro, en la actualidad se utilizan 4 diferentes tipos de alimentación (vea tabla XI).

Tabla XI. **Componentes de los grupos de alimentación**

Pieza	A	B	C	D
Tolva (A)	X	X	X	X
Vibrador plano (B)	X	X	X	X
Vibrador redondo (C)			X	X
Sensor (D)	X	X	X	X
Canal de alimentación (E)			X	X
Caja de enrasado universal (F)	X	X		
Cepillos de caja de enrasado universal (G)	X	X		
Agitadores planetarios (H)		X		
Disco de alimentación (I)			X	X
Zapato alimentador (J)			X	
Parador (K)			X	
Rodillo alimentador (L)				X
Tornillos (M)				X
Bandeja (N)				X

A. Alimentador universal

B. Alimentador universal con agitadores planetarios

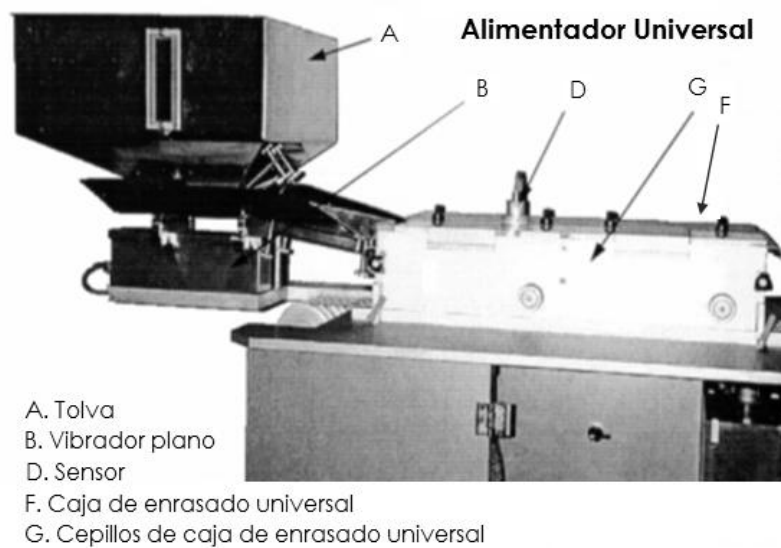
C. Zapato alimentador con canal de alimentación y disco de alimentación

D. Rodillo alimentador con canal de alimentación y disco de alimentación

Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 127.

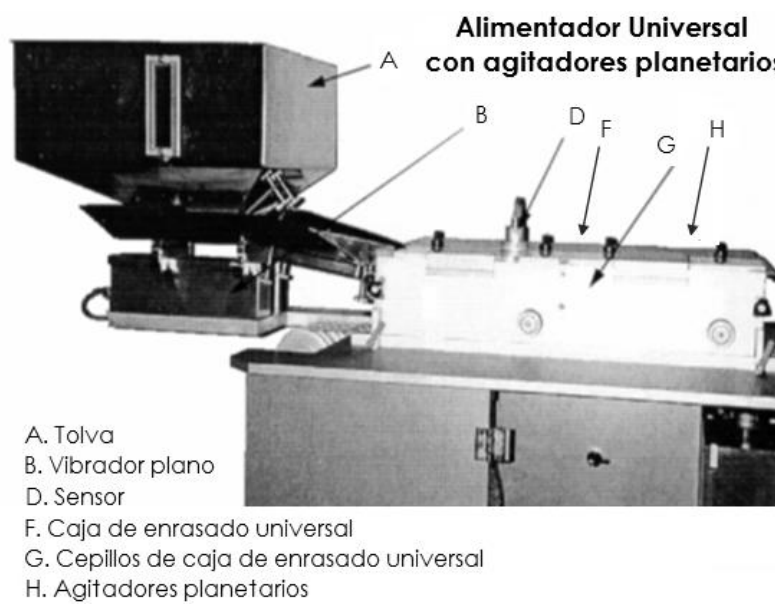
En las figuras que se muestran a continuación se puede observar los grupos de alimentación descritos anteriormente, indicando en cada uno de ellos las piezas que lo conforman:

Figura 12. **Alimentador universal**



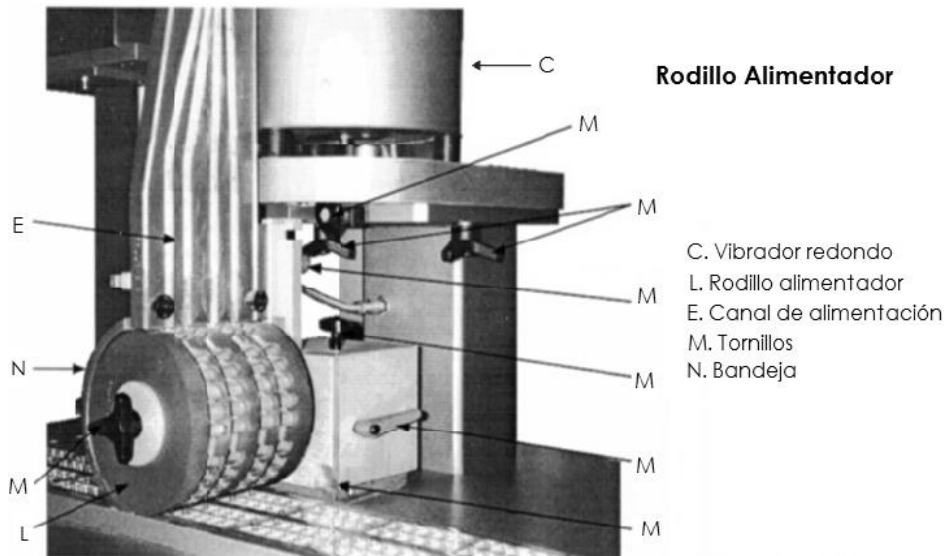
Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 128.

Figura 13. **Alimentador universal con agitadores planetarios**



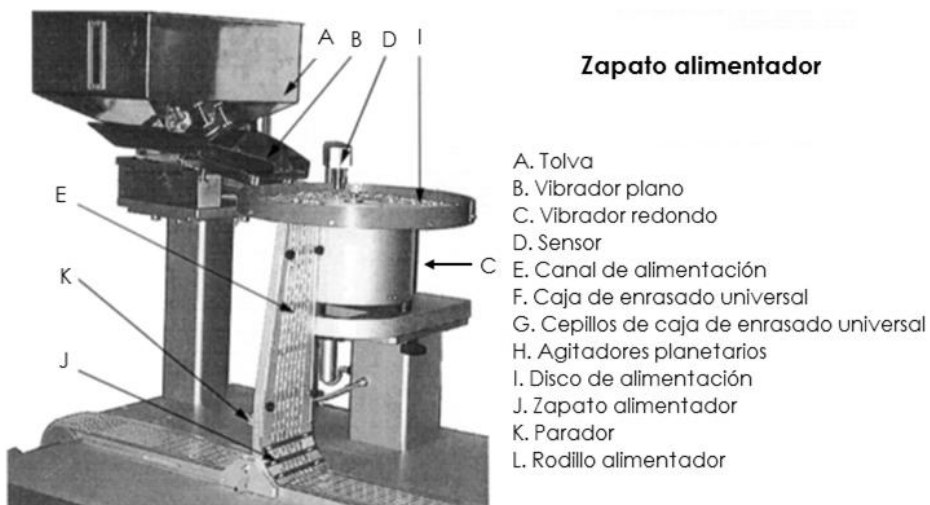
Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 130.

Figura 14. **Rodillo alimentador con canal de alimentación**



Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 132.

Figura 15. **Zapato alimentador con canal de alimentación**



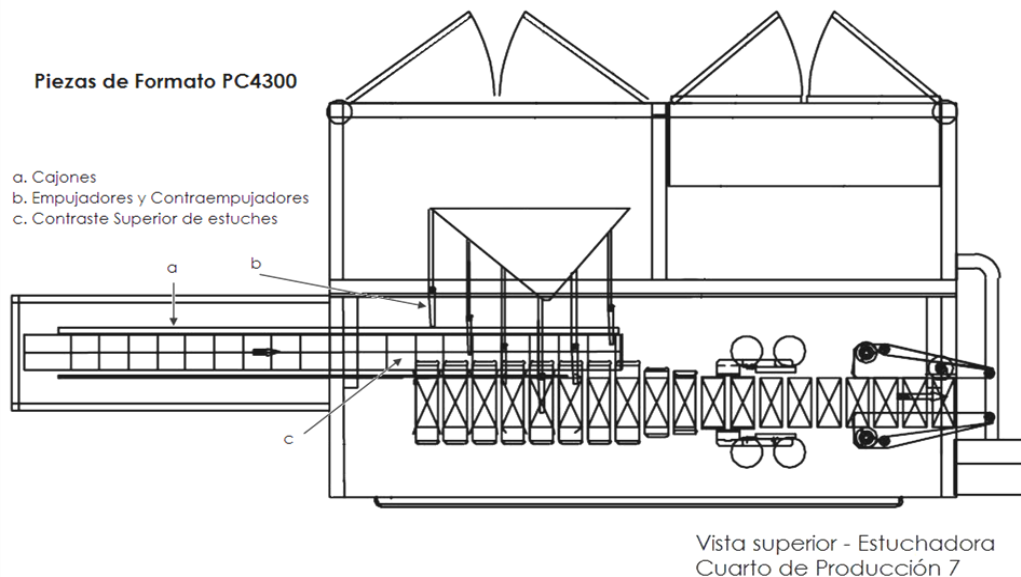
Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 134.

### 2.3.1.2.2. Estuchadora

Al realizar el cambio de formato en la estuchadora, los elementos que se deben desmontar son los siguientes (vea figura 16):

- Cajones (a): son las piezas que transportan los blíster hacia el empaque secundario.
- Empujadores y contraempujadores (b): son las piezas que empujan los blíster hacia el empaque secundario. Los productos se empacan en diversas presentaciones y para ello los empujadores y contraempujadores varían según la presentación y el producto que se quiera empaacar.
- Contraste superior de estuches (c)

Figura 16. **Piezas involucradas en cambio de formato en estuchadora**



Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 151.

Los elementos de máquina que se ajustan en la estuchadora se muestran en la tabla XII, los dispositivos que requieren ajustes están numerados de manera que el mecánico que realiza el cambio de formato los identifique fácilmente.

Tabla XII. **Elementos regulados en cambio de formato en estuchadora**

<b>No.</b>	<b>Regulación de regletas</b>
1	Dispositivo de apertura estuche: altura ventosa
2	Dispositivo de apertura estuche: altura disp.
3	Dispositivo de apertura estuche: centrado disp.
4	Almacén de estuches: dientes superior
5	Almacén de estuches: guía posterior
6	Contraste superior móvil
7	Contraste estuches lado operador
8 -18	Paleta lado operador y lado empujador
9 - 20	Altura contraste solapa anterior lado operador y lado empujador
10 -19	Plegador de solapa interior anterior lado operador y lado empujador
11 - 21	Altura plegador de solapas exterior lado operador y lado empujador
12 - 22	Regulación contraste solapa de cierre lado operador y lado empujador
13 -23	Altura contraste solapa de cierre lado operador y lado empujador
14 - 24	Altura dientes de cierre lado operador y lado empujador
15 - 25	Guía solapa de cierre lado operador y lado empujador
16 - 26	Dientes de cierre lado operador y lado empujador
17	Contraste superior
27	Apoyo lateral móvil
28	Altura contraste superior
29	Regulación longitudinal toma y formación de estuches
30	Distancia entre los dientes de transporte de estuches
31	Regulación altura almacén de estuches
32	Brazo de toma estuches
33	Cadena cajones
34	Contraste abertura solapas (vertical)
35	Brazo de apertura solapa anterior estuches (vertical)
36	Lastra abertura solapas (horizontal)
37	Lastra abertura solapas (vertical)
38	Contraste escuadría estuche (lateral)
39	Contraste escuadría estuche (rotación)

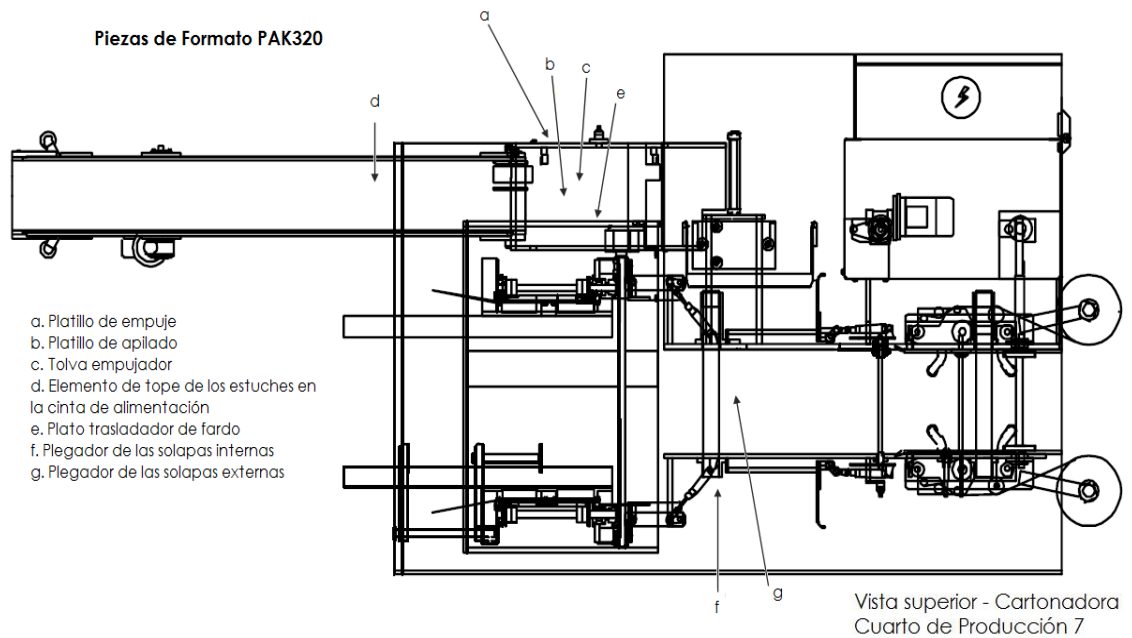
Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 157.



### 2.3.1.2.3. Cartonadora

El cambio de formato en la máquina cartonadora requiere el desmontaje y montaje de las siguientes piezas (vea figura 17):

Figura 17. Piezas involucradas en cambio de formato en cartonadora



Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 173.

- Platillo de empuje (a)
- Platillo de apilado (b)
- Sustitución de la tolva empujador (c)

- Elemento de tope de los estuches en la cinta de alimentación (d)
- Plato trasladador de fardo (e)
- Plegador de las solapas internas (f)
- Plegador de las solapas externas (g)

Los elementos de máquina que se regulan en la cartonadora se muestran en la tabla XIII, y al igual que en la estuchadora los dispositivos que se regulan están debidamente numerados de manera que el mecánico que realiza el cambio de formato los identifique con mayor rapidez.

Tabla XIII. **Elementos regulados en cambio de formato en cartonadora**

No.	Regulación de regletas
1	Guías laterales en la cinta de alimentación de estuches
2	Elemento de tope superior en la cinta de alimentación de estuches
3	Transportador de rodillos de tope de estuches
4	Regulación de las paredes laterales del grupo de apilado
5	Posición de trasladador de fardo
6	Tope delantero del trasladador de fardo
7	Guías laterales del almacén de cartones
8	Posición del cilindro de apertura de cartón
9	Plegadores de solapas internas
10	Altura de las encintadoras
11	Anchura de los apoyos
12	Plegador de solapas externas

Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 177.

### **2.3.2. Operaciones elementales del procedimiento actual**

El proceso actual está determinado básicamente por las siguientes operaciones:

- Operaciones de limpieza inicial: consisten en eliminar los residuos ligados al último lote de fabricación, como: el material de empaque, producto terminado sobrante, producto semi-terminado, y desechos materiales.
- Operaciones de desmontaje: consisten en desmontar las piezas ligadas al último lote de fabricación del producto A. En esta operación el mecánico debiera tener los utensilios que se van a utilizar preparados, con la finalidad de no perder tiempo en estar buscándolos durante el proceso; pero esto no siempre sucede de esta forma, más bien el mecánico sale a buscar los utensilios en el momento que los necesita.
- Operaciones de limpieza y sanitización: consisten en aspirar polvos sueltos y cualquier suciedad que se encuentre en la máquina; lavar piezas desmontadas en contacto directo con el producto y que no pertenecen al formato, utilizando para ello detergente, agua caliente y alcohol etílico, cumpliendo con las especificaciones técnicas del departamento de calidad; limpieza con paño húmedo y alcohol etílico de piezas que pertenecen al formato, y que se deben almacenar desinfectadas en el espacio correspondiente; eliminar los remanentes de lubricantes en la maquinaria; limpiar las superficies de la máquina con un paño húmedo.

- Operaciones de montaje: consisten en el montaje de elementos de máquinas necesarios para fabricar el producto B; la máquina debe quedar totalmente limpia para poder empezar con la producción.
- Operaciones de regulación: consisten en fijar los parámetros bajo los cuales se realizará la fabricación del producto B, como: reglajes de cotas, medidas de temperatura, presión, velocidad de producción, etc.; y preparar los códigos de identificación del lote del producto que se fabricará.
- Operaciones de ensayos y ajustes: en general, los ajustes se hacen por aproximaciones sucesivas después de fabricar las primeras piezas de ensayo del producto B. Primero se realizan pruebas solamente con el material de empaque, para verificar que el formado del blíster, estuche y cartón sean los adecuados y se cumpla con las especificaciones de calidad; de lo contrario se deben de realizar los ajustes necesarios. Luego de esto se verifica que se realice el rechazo en el sistema de control de presencia de producto. Esto se hace eliminando una tableta del blíster (en 4 blísteres diferentes): blíster interno, extremo derecho; blíster interno, extremo izquierdo; blíster externo, extremo derecho; blíster externo, extremo izquierdo. Por último se programa la producción deseada en las tres máquinas.

### **2.3.3. Estudio de tiempos**

Durante el tiempo analizado, el cual comprende el período de septiembre 2009 a marzo 2010, se revisaron ciertos cambios de formato; el tiempo de duración de cada uno se muestra a continuación:

Tabla XIV. Duración de cambios de formato analizados

No.	Fecha	De producto	A producto	Hora de Inicio	Hora de finalización	Tiempo total
1	2009-09-04	A	H	13:00	16:00	180
2	2009-09-08	H	I.1	18:00	22:30	270
3	2009-09-10	I.1	C	13:00	17:40	280
4	2009-09-11	C	B	16:00	21:00	300
5	2009-09-17	E	C	11:50	15:45	235
6	2009-10-01	A	G	01:40	05:00	200
7	2009-10-06	G	I.2	00:00	03:00	180
8	2009-10-26	C	D	18:10	22:00	230
9	2009-10-27	D	I.1	13:30	16:30	180
10	2009-10-29	D	F	14:45	18:00	195
11	2009-11-13	I.2	I.1	10:30	13:30	180
12	2009-11-17	B	F	09:00	12:00	180
13	2010-01-11	L	I.1	08:25	11:00	155
14	2010-01-15	E	C	12:30	15:20	170
15	2010-01-20	C	G	09:15	12:00	165
16	2010-01-21	G	I.2	15:00	18:00	180
17	2010-01-26	I.2	K	10:32	13:30	178
18	2010-02-03	K	G	11:30	16:00	270
19	2010-02-11	C	A	07:30	13:05	335
20	2010-03-23	I.1	L	12:35	15:30	175

Fuente: elaboración propia.

#### **2.3.4. Identificación de operaciones a modificar**

Los cambios de formato realizados para cambiar de un producto A hacia un producto B, muestran deficiencias en ciertos aspectos. Estas fueron identificadas luego de observar y analizar varios cambios de formato y se detallan a continuación:

- El personal no es supervisado constantemente y se han observado pérdidas de tiempo entre las personas involucradas en el cambio de formato.
- El personal no cuenta con la disponibilidad adecuada de tiempo para cumplir con la tarea, porque tienen que realizar otras tareas de mantenimiento o limpieza en otras líneas de producción.
- En ocasiones no se realizan las operaciones de preparación de materiales y herramientas antes de iniciar el cambio de formato.
- No hay un instructivo establecido para realizar los cambios de formato, únicamente se cuenta con procedimientos de limpieza.
- No siempre se verifican las características del producto a empacar.
- Existen deficiencias en la comunicación entre los departamentos, en lo que se refiere a la programación de la producción.

### **3. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

Con el objetivo primordial de obtener una producción más limpia, y tomando en consideración que esta estrategia no es solamente realizar un plan para la disposición final de los desechos emanados de un proceso productivo, sino que busca una estrategia con la cual se disminuya toda fuente que provoque cualquier desperdicio o cause un mal manejo de los insumos utilizados en un proceso productivo; se toma la decisión de implementar el mantenimiento productivo total, ya que es una estrategia con la cual se puede lograr los objetivos buscados por la producción más limpia.

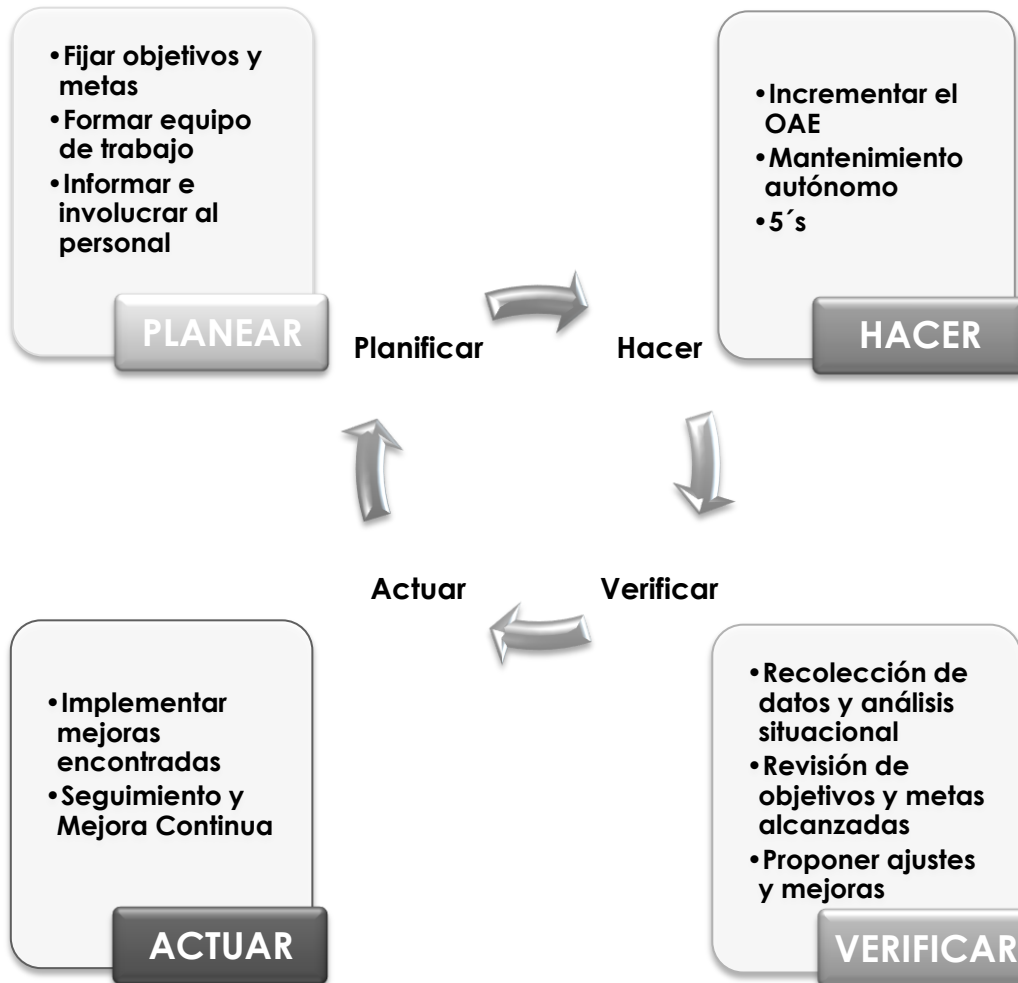
El mantenimiento productivo total es una estrategia compuesta por una serie de actividades que una vez implementadas mejorarán la competitividad de la organización. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos.

Por medio de la herramienta TPM se busca elevar la eficiencia de los activos operativos y, simultáneamente, aumentar la moral de los empleados y la satisfacción laboral. Elevar la eficiencia de los equipos tiene beneficios significativos en la rentabilidad, productividad y calidad de la planta.

#### **3.1. Plan TPM**

La implementación del mantenimiento productivo total se realizará acorde al plan propuesto por el departamento de Ingeniería y Mantenimiento, el cual se muestra en la figura 18.

Figura 18. **Plan TPM**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1. Fase I: Planear

En la fase de planificación se deben fijar los objetivos y las metas que se desean alcanzar, formar el equipo de trabajo e informar a todo el personal involucrado sobre la decisión de implementar el TPM en la línea de sellado y empaque.



### **3.1.1.1. Metas**

El mantenimiento productivo total intenta crear una cultura corporativa para alcanzar el máximo de eficiencia posible del proceso productivo; para lograr este propósito se deben establecer las metas que se pretenden alcanzar con la implementación del TPM:

- Obtener una producción más limpia, reduciendo la generación de desechos sólidos, aprovechando al máximo los insumos de la línea de producción.
- Aumentar la eficiencia de los activos operativos (OAE) en la línea de sellado y empaque, por medio de la reducción de tiempos de paros planificados y no planificados.
- Implementar la herramienta 5´s en la línea de sellado y empaque.
- Lograr un mantenimiento autónomo realizado por los operadores; en el cual el operario realice funciones básicas de mantenimiento que le permitan desarrollar su conocimiento y habilidades.
- Formar un equipo de trabajo comprometido con los objetivos del TPM y que esté integrado por personas de los distintos departamentos que tienen relación con la producción, como: producción, control de calidad, ingeniería y mantenimiento, logística, entre otros.
- Involucrar a todo el personal a que dé sus opiniones sobre cómo mejorar sus labores cotidianas, por medio de charlas periódicas y capacitaciones.

### **3.1.1.2. Objetivos**

#### **3.1.1.2.1. Objetivo general**

Implementar la herramienta mantenimiento productivo total, proporcionándole al personal operativo y de mantenimiento las herramientas necesarias para realizarlo en los sistemas productivos, para que los tiempos de respuesta mejoren, disminuyan los tiempos de paradas y mejoren los niveles de calidad, a la vez que se obtiene una producción más limpia.

#### **3.1.1.2.2. Objetivos específicos**

- Incrementar la eficiencia de los activos operativos de acuerdo con las metas establecidas en la línea de producción.
- Realizar el mantenimiento productivo total en cooperación activa con el personal de producción.
- Promover el mantenimiento productivo total a través de capacitaciones y actividades autónomas.
- Optimizar el proceso de producción mediante el uso eficiente de materias primas e insumos en general.
- Determinar las principales causas de fallas en el proceso productivo, que disminuyen el tiempo operativo de la línea.
- Disminuir el tiempo de cambio de formato.

#### **3.1.1.2.3. Objetivo estratégico**

El proceso de implantación del TPM tiene como objetivo estratégico ayudar a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

#### **3.1.1.2.4. Objetivo operativo**

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

#### **3.1.1.2.5. Objetivo organizativo**

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incrementar la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí; todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

#### **3.1.1.3. Formación de equipo de trabajo**

El equipo de trabajo deberá estar integrado por personas de los distintos departamentos que tienen relación con la producción, como: producción, control de calidad, ingeniería y mantenimiento, logística y bodega. En este equipo de trabajo se deberá incluir desde los gerentes de primera línea hasta operadores y mecánicos, ya que para realizar una correcta implementación del

mantenimiento productivo total, se deberán tomar en cuenta diferentes puntos de vista para la planificación de actividades que se llevarán a cabo.

#### **3.1.1.4. Campaña informativa**

En la campaña de información se deberá envolver a todo el personal de los departamentos involucrados, ya que de lo contrario el personal podría sentirse excluido del proyecto y por lo tanto desmotivado. Se deberá incluir capacitaciones sobre el mantenimiento productivo total, eficiencia de los activos operativos, mantenimiento autónomo, 5's, motivación y competitividad.

#### **3.1.2. Fase II: Hacer**

En la etapa de hacer se debe llevar a cabo la implementación de la herramienta 5's y el mantenimiento autónomo, así como también se debe implementar una serie de mejoras al proceso productivo que permita incrementar gradualmente la eficiencia de los activos operativos.

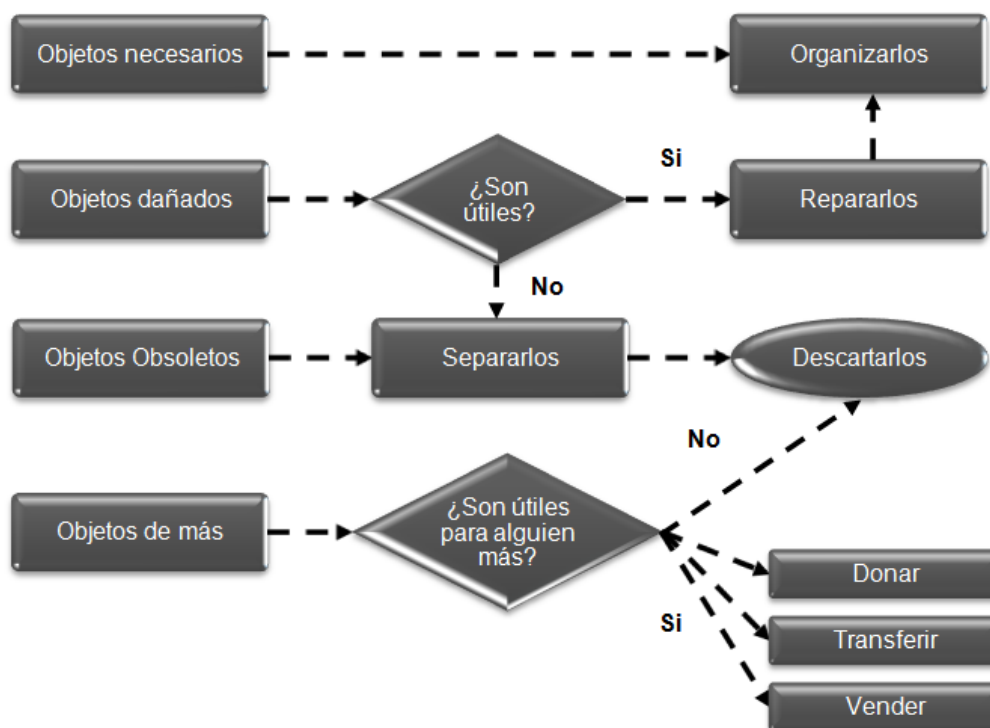
##### **3.1.2.1. 5's**

Luego de la implementación de 5's los únicos objetos que deben permanecer en el área de trabajo, son: equipo de protección personal (guantes, lentes, mascarillas y orejeras), silla y mesa de trabajo con gaveta, para almacenar el equipo de protección personal, materia prima del lote vigente y una escalera.

El procedimiento que se debe seguir en la etapa separar se muestra en la figura 19. Para poder clasificar los objetos, se deben etiquetar de distintos colores y colocar sobre los mismos la frecuencia de uso del objeto.

- Equipo u objeto necesario: etiqueta roja
- Equipo u objeto dañado: etiqueta amarilla
- Equipo u objeto obsoleto: etiqueta verde
- Equipo u objeto de más: etiqueta azul

Figura 19. Procedimiento utilizado en la etapa de separar



Fuente: elaboración propia.

Luego de haber realizado la separación de objetos y tener la frecuencia de uso, resultará más sencillo realizar la siguiente etapa. En la etapa ordenar se

deberán colocar los objetos en el área designada para cada uno según la frecuencia de uso designada en la etapa anterior; las ubicaciones que podrán tener los objetos se muestran en la figura 20.

Figura 20. **Etapa de ordenar**



Fuente: elaboración propia.

Todas las localizaciones se deberán señalar y cada una deberá contar con un listado, accesible para todos, que contenga los objetos que pertenecen al área, así será fácil identificar un objeto que no pertenece al lugar.

La etapa de limpieza debe consistir en deshacerse de todos los objetos que fueron clasificados como obsoletos y de más, en mantener limpio y en buen estado lo necesario, asegurando que todo se encuentra siempre en perfecto estado de uso, en un lugar limpio.

Se deberán delimitar las áreas donde podrán ser colocados los objetos necesarios con una línea amarilla, de esta forma el personal podrá identificar que un objeto no está en su ubicación. La línea límite se pintará de color amarillo sobre el suelo y con cinta adhesiva amarilla sobre las superficies de la mesa de trabajo.

Los controles visuales que se deberán implementar en la etapa estandarizar son:

- Fotografías en puntos estratégicos sobre cómo debe permanecer el área de trabajo.
- Listado de comprobación de tareas repetitivas que deberá cumplir al final del día el responsable del ambiente.
- Auto-auditorías cada 5 días.

Por último la etapa mantener, debe consistir en promover una mejora continua de las otras etapas, ya que es en esta etapa que se reflejará el éxito de la herramienta y para asegurar que se mantenga a lo largo de la vida útil de la línea de producción, deberán realizarse las siguientes actividades:

- Auditorías cada 15 días
- Incluir la herramienta en las metas anuales de los participantes
- Evaluaciones semanales

### **3.1.2.2. Mantenimiento autónomo**

El mantenimiento autónomo cambiará la forma habitual de trabajo, ya que los operarios serán los encargados de lubricar, limpiar e inspeccionar los equipos, y los mecánicos se encargarán solamente de las reparaciones y cambios de formato.

Las tareas de limpieza e inspección se deberán realizar diaria y semanalmente, llenando en una respectiva orden de trabajo el cumplimiento de las tareas asignadas, para garantizar que el equipo fue limpiado correctamente. La lubricación semanal de los equipos también deberá quedar bajo responsabilidad del operador de la máquina.

El operario estará encargado de respaldar que realizó las actividades asignadas y para ello se le creará semanalmente una orden de trabajo con hojas de verificación que contengan las tareas que debe realizar en cada uno de los equipos de la línea de producción; los supervisores de los operarios serán los encargados de velar porque este trabajo se cumpla de la mejor manera posible, supervisando diariamente las actividades de limpieza e inspección y semanalmente las de lubricación; para ello se otorgará un espacio en la hoja de verificación donde colocará su firma como respaldo y evidencia de que se realizó la supervisión.

Las tareas de limpieza, lubricación e inspección, diarias y semanales que realizarán los operadores luego de terminada la producción diaria, se muestran en las tablas y figuras siguientes.



Tabla XV. Limpiezas diarias y semanales

TAREAS DE LIMPIEZA DIARIA Y SEMANAL	Selladora	Estuchadora	Cartonadora
Succionar el polvo que esté dentro de la máquina	X	X	
Succionar la sección de corte y perforación	X		
Succionar la sección de alimentación	X		
Limpiar con un paño húmedo que contenga alcohol etílico	X	X	X
Limpiar el rodillo sellador	X		
Limpiar exceso de aceite lubricante	X		
Limpiar encolador		X	
Succionar el almacén de estuches, cadena de cangilones, brazos de acogida de estuches, el carrusel giratorio y los empujadores		X	
Retirar excesos de cola		X	
Purgar el filtro regulador para aire comprimido		X	
Succionar cinta de alimentación de estuches, almacén de cartones, grupo de recogida de cartón y ventosas, el grupo de introducción de fardo en cartón y correas de transporte			X
Retirar excesos de tape en la unidad encintadora			X
Limpiar con paño húmedo la superficie de la máquina			X

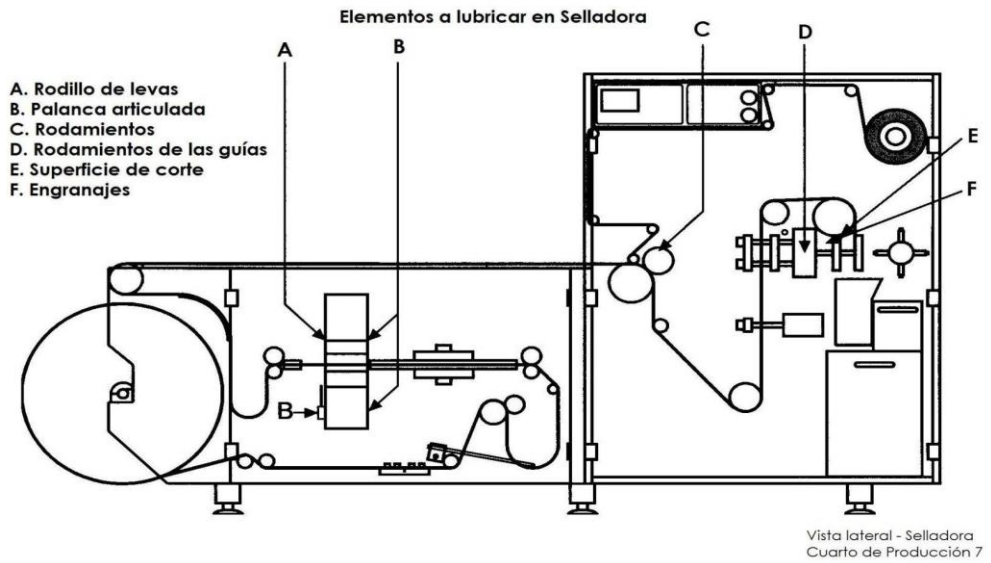
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Lubricación semanal**

<b>TAREAS DE LUBRICACIÓN SEMANAL</b>	<b>Selladora</b>	<b>Estuchadora</b>	<b>Cartonadora</b>
Lubricar la sección de formado (A y B)	X		
Lubricar el cojinete del rodillo sellador (C)	X		
Lubricar cojinetes de la sección de corte y perforación, engranajes y superficie de corte (D, E, F)	X		
Lubricar las correderas de los empujadores (G)		X	
Lubricar soportes orientables (H)		X	
Lubricar las articulaciones esféricas (I)		X	
Lubricar las correderas de soporte, recolección y formado de estuches (J)		X	
Lubricar corredera contraste superior móvil (K)		X	
Lubricar tornillos patrón de elevación de cabeza (L)			X
Lubricar la cadena del trasladador (M)			X
Lubricar las cadenas de almacenamiento de cajas de cartón (N)			X
Lubricar el cilindro de agarre de caja de cartón (O)			X
Lubricar los cilindros de cierre de solapas internas. (P)			X
Lubricar engranajes de elevación de cabeza. (Q)			X

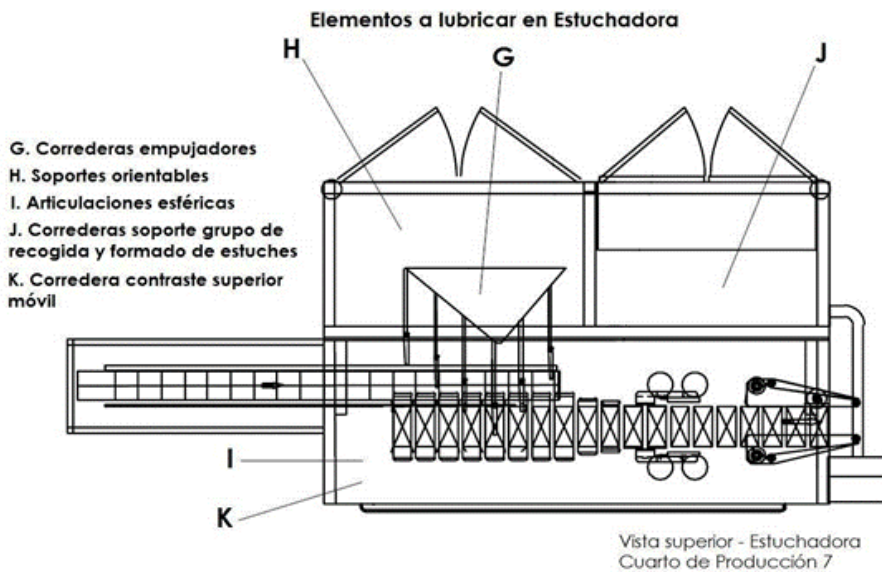
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Lubricación semanal de la selladora**



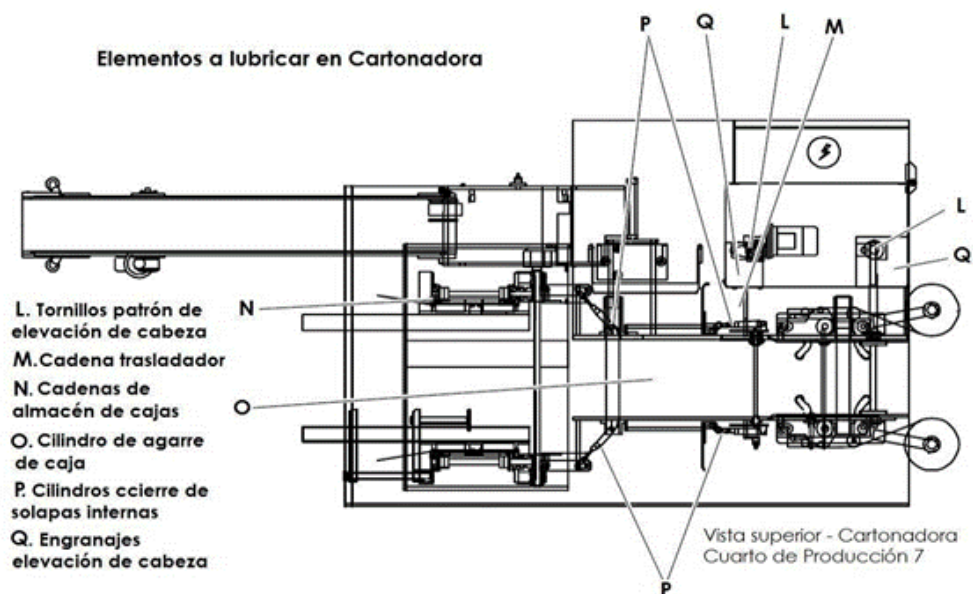
Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 236.

Figura 22. **Lubricación semanal de la estuchadora**



Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 239.

Figura 23. **Lubricación semanal de la cartonadora**



Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 244.

Tabla XVII. **Inspecciones diarias y semanales**

<b>TAREAS DE INSPECCIÓN DIARIA Y SEMANAL</b>	<b>Selladora</b>	<b>Estuchadora</b>	<b>Cartonadora</b>
Inspeccionar todas las partes accesibles, sin desmontar ninguna pieza	X	X	X
Verificar el accionamiento de los plegadores móviles para el cierre de solapas internas		X	X
Verificar que no haya ventosas dañadas o lastimadas	X	X	X
Verificar que no haya partes dañadas, desgastadas o lastimadas	X	X	X

Fuente: elaboración propia.

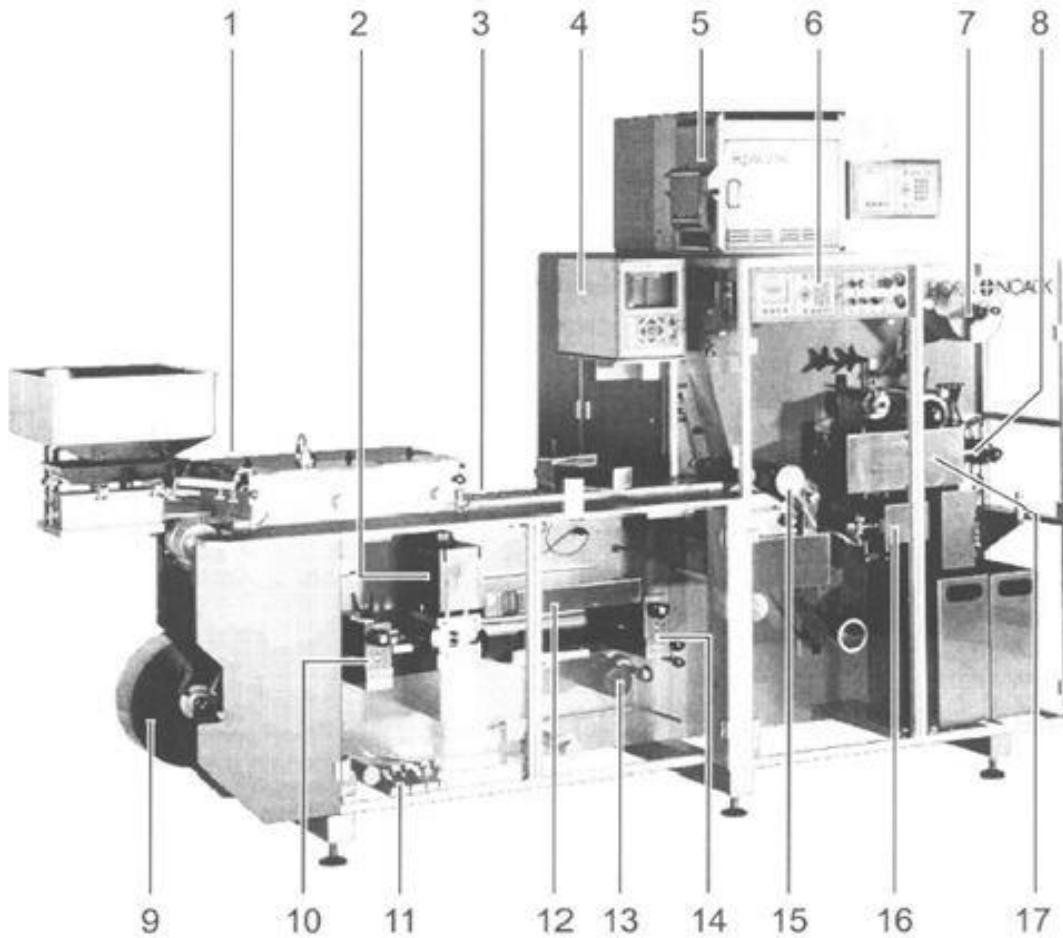
Los formatos de las hojas de verificación que utilizarán los operarios se muestran en los anexos. Como se mencionó anteriormente, dichas hojas contendrán todas las actividades que deberán realizar y marcar con una X las actividades que realizaron.

Los mecánicos y supervisores de mecánicos serán los encargados de capacitar a los operadores para que puedan realizar dichas actividades. Primero los operadores tendrán una capacitación de los componentes principales de cada una de las máquinas que conforman la línea de producción, luego observarán durante un período de tres semanas a los mecánicos, y por último los operarios realizarán las actividades bajo la supervisión de los mecánicos hasta que sean capaces de realizarlas por sí mismos. También se deberá impartir una capacitación sobre los aceites y grasas lubricantes utilizados.

Como parte de la capacitación del mantenimiento autónomo se deberán colocar dentro del cuarto de producción las fotografías de las máquinas identificando en ellas cada una las estaciones y componentes principales; así como también se deberá colocar un pequeño manual donde se describa de manera breve cada una de los componentes; de manera que si el operario necesitara consultar alguna pieza en específico, esta información se encuentre cercana a él, evitando que tenga que detener la producción si tuviera que salir a consultar el manual de operación de la máquina (vea figuras 24, 25 y 26).

Estos componentes mostrados son los que intervienen directamente con el producto, ya que del mantenimiento autónomo se espera que los operarios conozcan la máquina con la que trabajan de una forma generalizada y no que se conviertan en técnicos especializados.

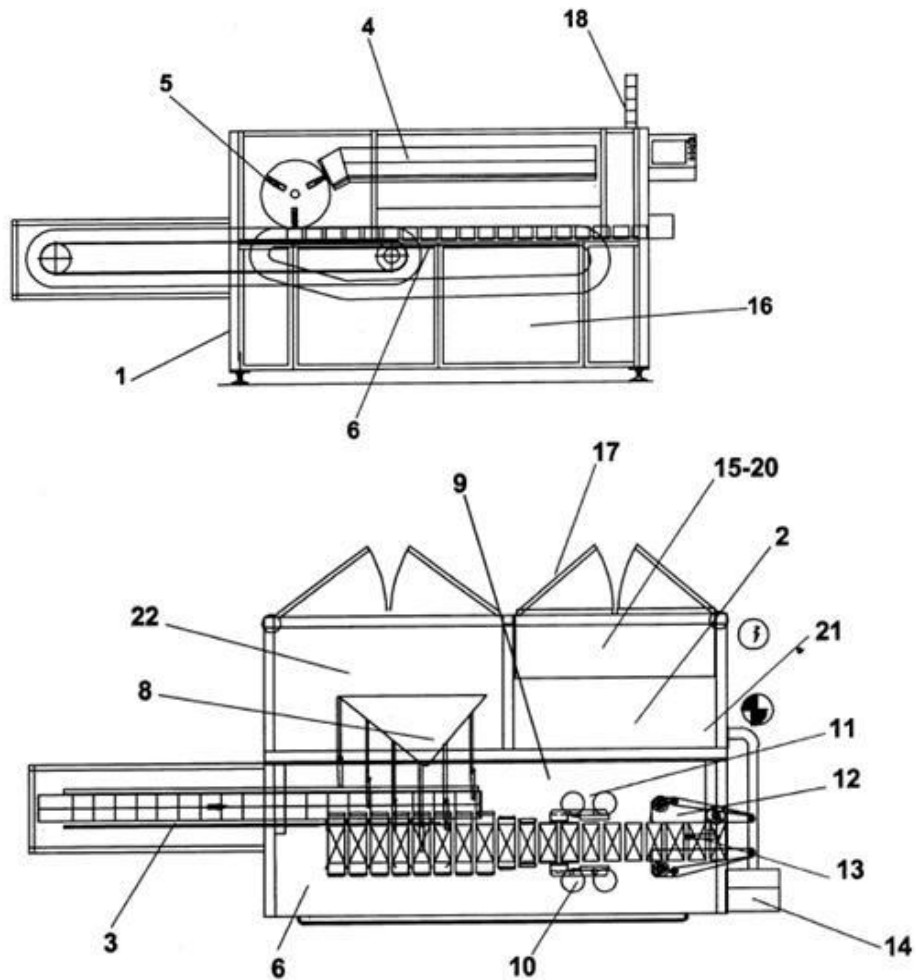
Figura 24. Partes principales de la selladora



- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| 1. Grupo de alimentación                 | 10. Desbobinado izquierdo        |
| 2. Estación de formado                   | 11. Mesa de corte y de empalme   |
| 3. Guía de tabletas                      | 12. Estación de calentamiento    |
| 4. Control de presencia de producto      | 13. Extractor de lámina          |
| 5. Cuerpo de impresión                   | 14. Desbobinado derecho          |
| 6. Panel de control                      | 15. Estación de sellado          |
| 7. Desbobinado lámina de sellado         | 16. Codificación                 |
| 8. Expulsión de blister                  | 17. Perforación y grupo de corte |
| 9. Desbobinado de la lámina de formación |                                  |

Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 38.

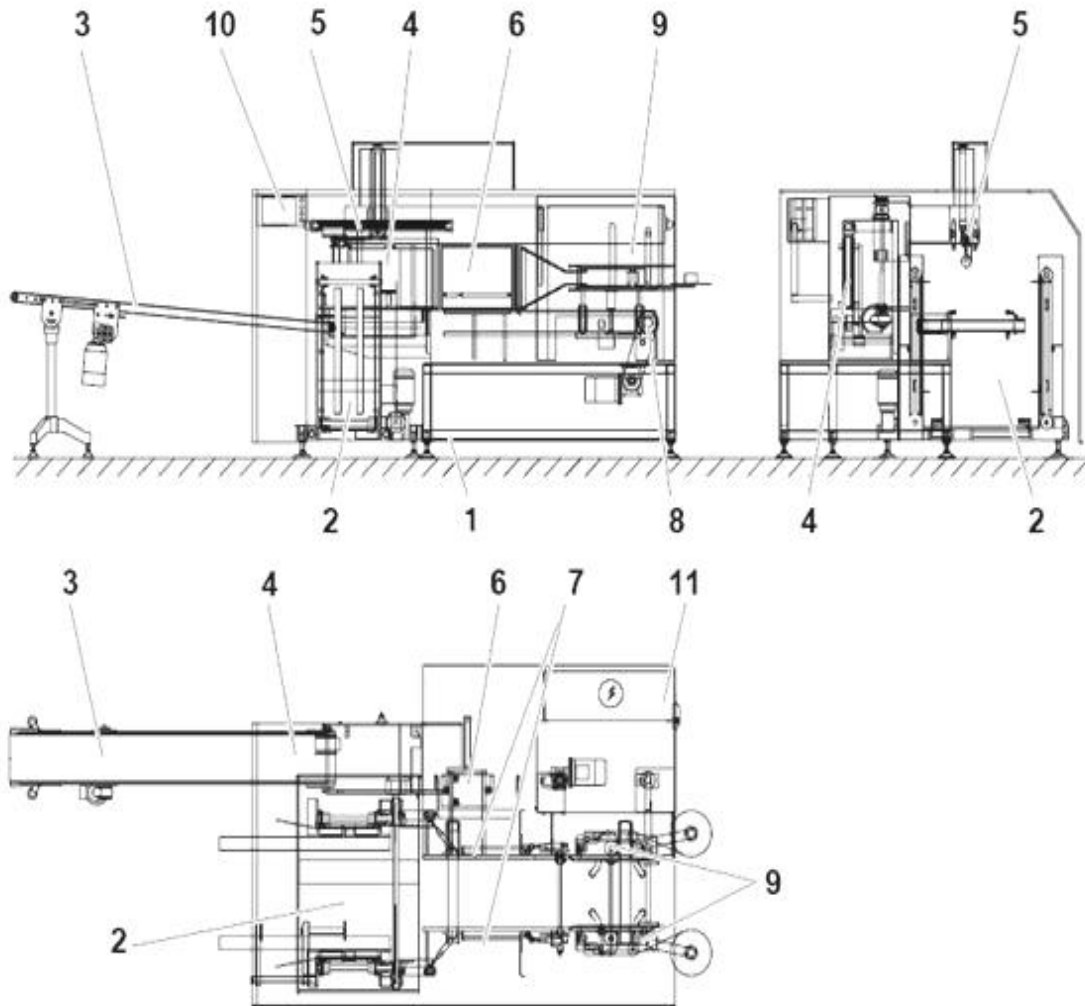
Figura 25. Componentes principales estuchadora



- |                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Base                               | 11. Cierre solapa ext. lado empujador |
| 2. Motorización principal             | 12. Cintas salida estuche             |
| 3. Cadena de cajones                  | 13. Descarte de estuche               |
| 4. Almacén de estuches                | 14. Tablero de mandos                 |
| 5. Recogida de estuches               | 15. Armario eléctrico                 |
| 6. Transporte de estuches             | 16. Volante mando manual              |
| 7. Cierre solapas inf. lado operador  | 17. Protecciones móviles              |
| 8. Empujador                          | 18. Columna luminosa                  |
| 9. Cierre solapas int. lado empujador | 20. Equipo eléctrico                  |
| 10. Cierre solapa ext. lado operador  | 21. Equipo neumático                  |

Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 44.

Figura 26. Componentes principales cartonadora



- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1. Base                                  | 7. Grupo cierre de solapas laterales |
| 2. Almacén de cartones                   | 8. Correas de transporte de cartón   |
| 3. Cinta de alimentación de estuches     | 9. Unidad encintadora                |
| 4. Grupo de composición de fardo         | 10. Panel de control                 |
| 5. Grupo recogida y apertura de cartón   | 11. Tablero eléctrico                |
| 6. Grupo introducción fardo en el cartón |                                      |

Fuente: Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora. p. 51.



El manual deberá incluir la siguiente información:

- Componentes principales de la selladora
  - Acumulador de láminas: permite cambiar rollos de lámina de forma estando la máquina en marcha.
  - Extractor de lámina y rodillos guía: sirve para extraer la lámina de formación de la bobina. La lámina pasa antes por el extractor de lámina por un rodillo guía. Los anillos de guiado de la bobina se deben ajustar de manera que la lámina tenga la misma distancia a la placa delantera que en el desbobinado de lámina.
  - Estación de calentamiento: En esta estación la lámina de formación se calienta mediante 2 placas calentamiento. Durante la producción, la estación de calentamiento permanece cerrada y la placa de calentamiento superior funciona sincronizadamente, es decir, se eleva durante el avance de la lámina.
  - Estación de formación: en el caso del material utilizado en la lámina de formación, es suficiente la formación solo con aire comprimido.
  - Tramo de control: se verifica mediante sistemas de control ópticos si todos los blísteres están llenos de producto.
  - Desenrollado de la lámina de sellado lateral: el dispositivo de desbobinado de la lámina de sellado consta de árbol de alojamiento y de un freno magnético. El freno está destinado a impedir que el árbol de alojamiento “se embale” y a tensar la lámina durante la producción.
  - Estación de sellado: en esta estación se unen entre sí la lámina de formación y la de sellado. Para ello la lámina de sellado se calienta mediante el rodillo de sellado y presiona contra la lámina de formación.

- Codificado: tiene el cometido de grabar una combinación de números mediante un punzón de lámina en el blíster.
  - Perforación y troquel: la perforación y la estación de corte forman en esta máquina una unidad. En la estación de perforación se perfora una línea de corte discontinua. La separación de los blísteres, cortándolos, tiene lugar en la estación de corte mediante un punzón de corte y una cuchilla inferior. Simultáneamente, los desperdicios de corte se expulsan mediante un canal específico para ello.
  - Transporte: la disposición de aspiradores (estrella giratoria) fija los blísteres tras su corte. La separación entre blísteres malos y buenos tiene lugar inmediatamente después del corte. Tras la retirada, los blísteres malos caen en un recipiente previsto para ello y la estrella giratoria hace girar los blísteres buenos 90°, depositándolos a continuación en una cinta de transporte.
- Componentes principales de la estuchadora
    - Almacén blíster: compuesto por unas guías y por unos dientes de agarre y suelte, desempeña la tarea de depositar los blísteres en la cadena de cajones de la máquina estuchadora; la operación se efectúa mediante unos motores de paso a paso, que realizan de esta manera el cálculo de los blísteres por descargar.
    - Palpador: tiene la función de comprobar que el fardo de blíster esté presente. En el palpador está instalado un sensor, que detecta la altura del fardo.
    - Cadena de cajones: constituida por dos correas sobre las cuales están sujetos los cajones que contienen el producto, sirve para recibir producto ya ordenado y compuesto por el grupo de alimentación y transportarlo hasta el paso de introducción en el estuche.

- Almacén de estuches: situado encima del grupo de transporte de estuches, está formado por la cinta horizontal de carga de los estuches y por el almacén vertical del cual se recogen los estuches.
- Recogida y formación de estuches: el grupo está compuesto por una rueda de tres brazos de ventosas que, al girar, recogen el estuche del almacén, lo forman por medio de una ventosa fija y los posicionan entre los dientes del grupo de transporte de estuches; una fotocélula de fibra óptica controla la correcta apertura y el depósito del estuche.
- Transporte de estuches: tiene la función de tomar el estuche de las ventosas que lo recogen del almacén, manteniéndolo en posición, y transportarlo con movimiento alternado hasta la salida de la máquina. Está formado por cuatro correas dentadas, dos internas y dos externas, a las cuales están fijados los dientes; los contrastes superiores, que pueden levantarse para poder retirar los estuches que estuvieran dañados o atascados, hacen de contraste al estuche mientras se desplaza hacia la salida.
- Empujadores: la introducción del producto en el estuche se realiza mediante quince empujadores fijados sobre carros móviles instalados en un sistema de carrusel giratorio realizado con correas dentadas que, mediante un movimiento de levas, transfieren el producto desde la cadena de cajones hasta el interior del estuche.
- Cierre solapas internas lado empujador: el cierre de las solapas internas lado empujador, se produce tras la introducción del producto. La solapa interna delantera lado empujador se cierra al topar contra el dispositivo de doblado fijo. La solapa interna trasera lado empujador, se cierra luego gracias a una azadilla rotante.
- Cierre solapas internas lado operador: la solapa interna delantera lado operador se cierra al topar contra el dispositivo de doblado fijo.

La solapa interna trasera lado operador se cierra luego gracias a una azadilla rotante.

- Cinta salida estuches: su función es facilitar la salida de los estuches, dando una ulterior presión a las solapas; está compuesto por dos cintas verticales situadas a la salida de la máquina, cuya velocidad es constante y sincronizada entre sí.
  - Descarte estuches salida: este grupo está compuesto por algunas partes mecánicas, y por componentes neumáticos. Una balanza indica el peso del estuche y envía una señal a un cilindro neumático mandado por una electroválvula que levanta y baja el *flap* de descarte de estuches situado entre las cintas de salida.
- Componentes principales de la cartonadora
    - Almacén de cartones: está compuesto por transportadores de rodillos locos para la introducción de los cartones, por un elemento de tope fijo y por una guía regulable. Un transporte motorizado transfiere y posiciona los cartones en la máquina. También está provisto de una fotocélula para la detección de la carga mínima.
    - Cinta de alimentación de estuches: está conectada en línea con la máquina situada línea arriba y transporta los estuches provenientes de la misma hacia el grupo de apilado. Está dotada de fotocélulas para la detección de la carga mínima y máxima, y de un elemento de tope superior que evita posibles atascamientos durante la introducción de los estuches en el grupo apilador.
    - Grupo de recogida y apertura del cartón: el grupo de recogida está situado encima del almacén de cartones, y tiene la función de recoger, uno a uno, los cartones contenidos en el almacén, formarlos y posicionarlos cerca de la cinta de transporte. El movimiento es

proporcionado por un cilindro neumático y por un actuador lineal neumático. El grupo de apertura está situado a la salida del almacén de estuches y tiene la función de recoger el cartón, formarlo e introducirlo en la correa de transporte. La operación de recogida se efectúa por medio del movimiento de un brazo, el cual, utilizando tres ventosas situadas en los extremos, recoge el cartón.

- Grupo de introducción del fardo en el cartón: situado al final del grupo de apilado, tiene la función de introducir uno o dos fardos de estuches en el interior del cartón. Está compuesto por un empujador, movido por un motor, que tiene la función de efectuar la introducción, y por una tolva, movida por un cilindro neumático, que tiene la función de guiar los estuches hasta el interior del cartón. Está provisto de sensores para la detección de la posición de adelante y atrás del empujador, para el arranque de la tolva. Proceso 1 fardo: cuando el fardo, trasladado por el empujador, llega hasta la tolva, ésta se mueve simultáneamente al empujador y de este modo el cartón se llena. Proceso 2 fardos: el primer fardo es trasladado por el empujador en la tolva; el empujador regresa a la posición inicial, espera la formación del segundo fardo y lo empuja hasta la tolva; cuando el segundo fardo llega a la tolva, ésta se mueve simultáneamente al empujador y de este modo el cartón se llena con dos fardos.
- Grupo de cierre de solapas internas: ubicado interiormente a las correas de transporte, tiene la función de realizar el cierre de las solapas internas. La operación se lleva a cabo por medio de un par de plegadores móviles para cada lado del cartón. El movimiento del cilindro neumático manda la rotación del brazo de soporte del plegador, que pliega las solapas internas. Una vez introducidos los estuches en el cartón, las guías superiores se bajan y pliegan las

solapas externas superiores. El cierre total de las solapas se realiza durante la traslación del cartón hacia la salida.

- Correas de transporte del cartón: está compuesto por cuatro correas de transporte situadas superior e inferiormente a la línea de avance que acompañan al cartón en todas las fases operativas, hasta la salida.
- Unidad encintadora: situada en la salida de la cinta de transporte, está compuesta por dos encintadoras que tienen la función de cerrar el cartón con cinta adhesiva.
- Control de la correcta composición del fardo: este grupo está formado por una serie de fotocélulas, con la función de comprobar que el fardo esté efectivamente compuesto por capas de estuches. Durante la traslación del fardo hasta la zona de introducción en el cartón, si se detecta la falta de un estuche, la máquina se para en fase en espera del operario, que puede decidir colocar correctamente el estuche, dejarlo sin efectuar modificaciones o eliminarlo. En este último caso hay que reiniciar la máquina y proceder con el cartón sucesivo.

### **3.1.2.3. Aumento de la eficiencia de los activos operativos**

Una vez el operario sea capaz de mantener las 5's en el cuarto de producción, tenga los conocimientos básicos sobre cómo funcionan los equipos de la línea de producción y sepa cómo realizar correctamente las inspecciones, limpiezas y lubricación de los equipos, junto con el grupo de trabajo TPM pueden proponer mejoras y estándares para un rápido y eficaz trabajo de mantenimiento básico.

El aumento de la eficiencia de los activos operativos se puede lograr aumentando la disponibilidad de maquinaria, incrementando la velocidad de producción y/o mejorando los índices de calidad. Como se puede observar en el capítulo 2, en la sección 2.2.2., la disponibilidad de maquinaria es, en promedio, 53% para el período de septiembre 2009 a marzo 2010. Este índice se debe incrementar si se desea lograr una eficiencia de los activos operativos del 50%, mientras que la eficiencia y el índice de calidad permanecen constantes.

Por ejemplo, como se muestra en la tabla XVIII, en el mes de noviembre de 2009, si se aumenta la disponibilidad en un 19% se observa un incremento del 11,92% en el OAE. Y en la tabla XIX, para el mismo mes, si se aumenta la disponibilidad en un 22% se observa un incremento de 13,81% en el OAE.

Tabla XVIII. **Aumento de disponibilidad en 19%**

<b>Aumento del 19% en la disponibilidad en la línea de producción 7 meses: Septiembre 2009 a marzo 2010</b>					
<b>Mes</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>	<b>Índice de calidad (%)</b>	<b>OAE (%)</b>	<b>Incremento de OAE (%)</b>
<b>Septiembre 2009</b>	73,58	74,68	100,00	54,95	14,19
<b>Octubre 2009</b>	63,36	65,95	100,00	41,79	12,53
<b>Noviembre 2009</b>	77,18	62,79	99,95	48,43	11,92
<b>Enero 2010</b>	77,66	64,34	100,00	49,97	12,22
<b>Febrero 2010</b>	73,13	70,07	100,00	51,24	13,31
<b>Marzo 2010</b>	72,25	81,46	100,00	58,86	15,48

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Aumento de disponibilidad en 22%**

<b>Aumento del 22% en la disponibilidad en la línea de producción 7 meses: septiembre 2009 a marzo 2010</b>					
<b>Mes</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>	<b>Índice de calidad (%)</b>	<b>OAE (%)</b>	<b>Incremento de OAE (%)</b>
<b>Septiembre 2009</b>	76,58	74,68	100,00	57,19	16,43
<b>Octubre 2009</b>	66,36	65,95	100,00	43,76	14,51
<b>Noviembre 2009</b>	80,18	62,79	99,95	50,32	13,81
<b>Enero 2010</b>	80,66	64,34	100,00	51,90	14,15
<b>Febrero 2010</b>	76,13	70,07	100,00	53,34	15,41
<b>Marzo 2010</b>	75,25	81,46	100,00	61,30	17,92

Fuente: elaboración propia.

El aumento de la disponibilidad en un rango de 19% a 25% requiere que los paros planificados y no planificados disminuyan en un 45% (tabla XX); y el aumento en un rango de 21% al 28% requiere que los paros disminuyan en un 50% (tabla XXI).

Lo descrito anteriormente se puede lograr mediante la disminución de los paros a causa de interrupciones técnicas, cambios de formato y comidas, y eliminar los paros ocasionados por falta de material y personal.



Tabla XX. **Disminución de 45% de paros planificados y no planificados**

<b>Disminución del 45% de paros planificados y no planificados</b> meses: septiembre 2009 a marzo 2010							
<b>Mes</b>	<b>Tiempo disponible (min)</b>	<b>Paros planificados (min)</b>	<b>Tiempo neto disponible (min)</b>	<b>Paros no planificados (min)</b>	<b>Tiempo operacional (min)</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Incremento de la disponibilidad (%)</b>
<b>Septiembre 2009</b>	23 542	3 381	20 161	2 500	17 661	75,0	20
<b>Octubre 2009</b>	24 869	3 131	21 738	4 480	17 259	69,4	25
<b>Noviembre 2009</b>	23 958	3 199	20 759	2 312	18 447	77,0	19
<b>Enero 2010</b>	16 260	2 289	13 971	1 409	12 563	77,3	19
<b>Febrero 2010</b>	25 488	3 793	21 695	2 637	19 058	74,8	21
<b>Marzo 2010</b>	17 680	2 289	15 391	2 257	13 134	74,3	21

Fuente: elaboración propia.

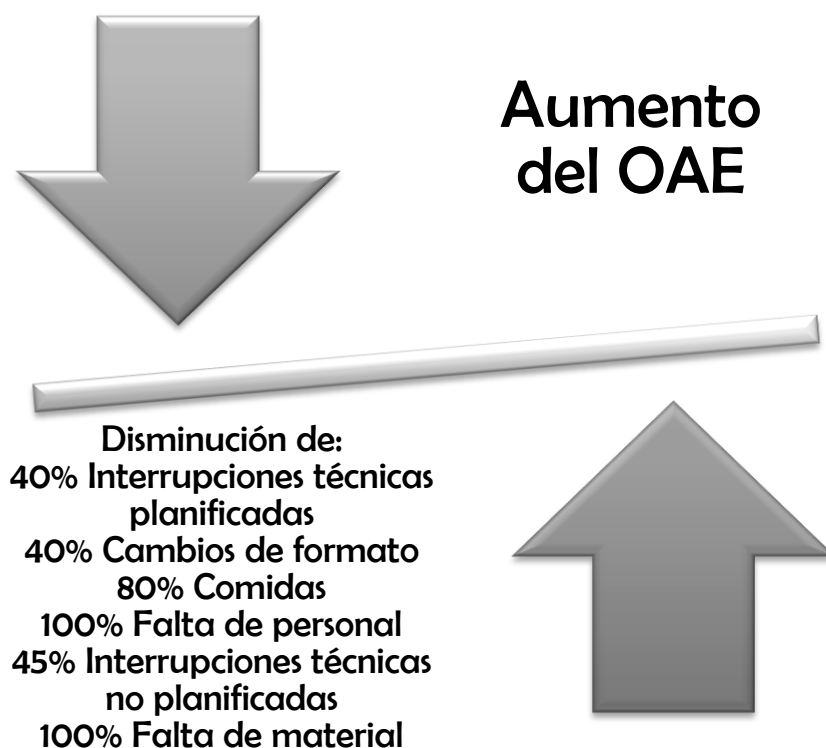
Tabla XXI. **Disminución de 50% de paros planificados y no planificados**

<b>Disminución del 50% de paros planificados y no planificados</b> meses: septiembre 2009 a marzo 2010							
<b>Mes</b>	<b>Tiempo disponible (min)</b>	<b>Paros planificados (min)</b>	<b>Tiempo neto disponible (min)</b>	<b>Paros no planificados (min)</b>	<b>Tiempo operacional (min)</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Incremento de la disponibilidad (%)</b>
<b>Septiembre 2009</b>	23 542	3 074	20 469	2 273	18 196	77,29	23
<b>Octubre 2009</b>	24 869	2 846	22 023	4 073	17 951	72,18	28
<b>Noviembre 2009</b>	23 958	2 908	21 050	2 102	18 948	79,09	21
<b>Enero 2010</b>	16 260	2 081	14 180	1 281	12 899	79,33	21
<b>Febrero 2010</b>	25 488	3 449	22 040	2 397	19 643	77,07	23
<b>Marzo 2010</b>	17 680	2 081	15 599	2 052	13 548	76,63	23

Fuente: elaboración propia.

La propuesta que se plantea para incrementar la eficiencia de los activos operativos se muestra a continuación:

Figura 27. **Propuesta para incrementar el OAE**



Fuente: elaboración propia.

La tabla XXII muestra que la disminución de los paros planificados en un 45% y 50%, se puede lograr al disminuir un 40%, aproximadamente, los paros ocasionados por interrupciones técnicas planificadas y cambios de formato; y al disminuir el 80% de los paros por comidas.

Al realizar el análisis se puede observar que para el mes de febrero de 2010 se pudo haber obtenido un total de paros planificados de 3 646 minutos, el

cual está dentro del rango permitido, siendo este de 3 793 minutos (tabla XX) y 3 449 minutos (tabla XXI); si los paros planificados hubieran estado un 45 a 50% abajo del dato real.

Tabla XXII. **Disminución de 45% a 50% de paros planificados**

Disminución del 45% al 50% de paros planificados meses: septiembre 2009 a marzo 2010								
Mes	Interrupciones técnicas	Comidas	Cambio de formato	Cambio de lámina de formación	Cambio de lámina de sellado	Ajuste inicial de tableta	Espera de resultados CEP	Total
<b>Septiembre 2009</b>	590	442	142	1 390	180	0	301	3 045
<b>Octubre 2009</b>	512	382	189	1 295	232	0	325	2 934
<b>Noviembre 2009</b>	796	433	147	875	287	0	430	2 969
<b>Enero 2010</b>	336	273	121	951	331	0	199	2 211
<b>Febrero 2010</b>	1 374	447	173	821	285	0	546	3 646
<b>Marzo 2010</b>	1 014	158	110	543	236	0	414	2 475

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXIII muestra que la disminución de los paros no planificados en un 45% y 50%, se logra mediante la disminución de un 45%, aproximadamente, de los paros ocasionados por interrupciones técnicas no planificadas y la supresión de la falta de material y personal.

Al realizar el análisis se puede observar que para el mes de noviembre de 2009 se pudo haber obtenido un total de paros no planificados de 2 277 minutos, el cual está dentro del rango permitido, siendo este de 2 312 minutos (tabla XX) y 2 102 minutos (tabla XXI); si los paros planificados hubieran estado un 45 a 50% abajo del dato real.

Tabla XXIII. **Disminución de 45% a 50% de paros no planificados**

<b>Disminución del 45% al 50% de paros no planificados meses: septiembre 2009 a marzo 2010</b>					
<b>Mes</b>	<b>Interrupciones técnicas</b>	<b>Falta de personal</b>	<b>Condiciones ambientales</b>	<b>Falta de material</b>	<b>Total</b>
<b>Septiembre 2009</b>	2 383	0	40	0	2 423
<b>Octubre 2009</b>	4 288	0	12	0	4 300
<b>Noviembre 2009</b>	2 016	0	261	0	2 277
<b>Enero 2010</b>	1 193	0	93	0	1 286
<b>Febrero 2010</b>	2 468	0	177	0	2 645
<b>Marzo 2010</b>	2 073	0	94	0	2 167

Fuente: elaboración propia.

Actualmente se registran todos los paros de la línea en una bitácora, esto para poder llevar un control de las causas que ocasionan las interrupciones; luego del análisis de la situación actual se detectó que una gran cantidad de datos registrados en la bitácora, son clasificados como interrupciones técnicas no planificadas, pero que en realidad se desconoce la causa de dicha falla ya que no fueron anotados correctamente; por lo que como parte de la implementación del TPM se deberá corregir el formato de bitácora utilizado por uno que proporcione mayor información, y capacitar a los operarios y mecánicos sobre el adecuado manejo de la misma.

Luego de identificar que las mayores causas de paros en la línea de producción son las interrupciones técnicas, cambios de formato y comidas, se deberá tomar ciertas acciones correctivas para disminuir el tiempo que la producción es detenida.

Para reducir los tiempos que se ocupan en comidas se plantea que el mecánico de turno y el operario tomen su tiempo de comida en diferente

horario, para que el mecánico de turno pueda cubrir al operador de la máquina durante el tiempo que este salga. El tiempo total que el mecánico deberá cubrir al operador será de 25 minutos en la refacción y 45 minutos en el almuerzo o cena según sea el caso. El resultado esperado luego de implementar esta acción es lograr una disminución mínima del 80% del tiempo de paros ocasionados por comidas.

El procedimiento utilizado en los cambios de formato se analizó en el capítulo 2, y se identificaron ciertas deficiencias en el proceso, ya que durante los cambios de formato analizados se encontró que en ocasiones los mecánicos tienen demasiadas tareas asignadas y por lo tanto no dedican el 100% al cambio de formato. Esta y otras observaciones realizadas en la sección 2.3.4., deberán ser corregidas por medio de la optimización del método actual, de modo que el tiempo ocupado para realizarlos se disminuya y los involucrados en el cambio puedan dedicar este tiempo a otras actividades.

Actualmente se realiza el cambio de formato en la selladora, luego en la estuchadora y por último en la cartonadora, lo cual es ineficiente ya que se podría disminuir el tiempo de cambio de formato si este se lograra realizar en forma simultánea en las tres máquinas.

Se ha detectado que mientras se realiza la limpieza de las piezas de la selladora, se podría realizar el cambio de formato en la estuchadora y cartonadora si se cuenta con dos mecánicos que lo realicen y un operario que se encargue de las limpiezas.

Con la implementación de esta propuesta se espera reducir en 40% el tiempo invertido en los cambios de formato, en la fase inicial. Luego se dará un seguimiento y mejora continua para seguir disminuyendo el tiempo.

Para las interrupciones técnicas planificadas se identificó que el tiempo promedio de paro por cambios de lote, los cuales incluyen actividades o tareas como: limpiar y despejar área, cambiar códigos, llenar tolva de alimentación de producto, llenar protocolo de producción, pruebas y ajustes necesarios es de 20 minutos. Para disminuir estos tiempos la mejor solución es tener todos los materiales listos y cercanos al área de trabajo, con la finalidad de ocupar el menor tiempo posible en buscar materiales y utensilios a utilizar para el cambio de lote, y contar con un protocolo de producción por lo menos quince minutos antes de dicho cambio.

En cuanto a las interrupciones técnicas no planificadas, la selladora es la causa de la mayoría de paros en la línea de producción; para tener un mejor control sobre esta máquina se deberá implementar una serie de mejoras, tales como instalación de sensores que indiquen que algún fallo esté cercano a ocurrir, además de que con la ayuda del mantenimiento autónomo, los técnicos operarios serán capaces de identificar fallos menores y no incurran en la necesidad de esperar a que llegue el mecánico a solucionar el problema; esto deberá disminuir el tiempo promedio de falla.

### **3.1.3. Fase III: Verificar**

Luego de transcurrido un período de tiempo de implementación del TPM, en la fase de verificación se deberá recolectar una serie de datos que permita analizar la situación en que se encuentra la línea de sellado y empaque, establecer los objetivos y metas alcanzadas, y con base en esto, se propone una serie de acciones correctivas que permitan alcanzar los objetivos y metas deseadas.

Los datos que permitirán analizar la situación en que se encuentra la línea de sellado y empaque en cualquier momento tras la implementación del TPM, se listan a continuación:

- Tiempos de paros de la línea de producción, tanto planificados como no planificados, clasificados de la siguiente manera: interrupciones técnicas planificadas, comidas, cambios de *foil*, cambios de formato, cambios de termoformable, ajustes iniciales, espera de resultados CEP, interrupciones técnicas no planificadas, falta de personal, condiciones ambientales y falta de material.
- Eficiencia de los activos operativos alcanzada, y comparación de los meses analizados en la sección 2.2., con los resultados obtenidos.
- Listado de logros alcanzados por los técnicos operadores con el mantenimiento autónomo, utilizando para ello un formato especial que permita analizar el avance del operador a lo largo de la implementación del TPM.
- Mejoras obtenidas con la herramienta 5's en el cuarto de producción.

#### **3.1.4. Fase IV: Actuar**

En la fase de actuar se implementarán las acciones propuestas en la fase III y se deberán proponer nuevas acciones que permitan mejorar el proceso productivo; y dar un seguimiento continuo estableciendo métodos que permitan controlar que el proyecto continúe funcionando correctamente. Al realizar esta fase del mantenimiento productivo total, se deberá dejar constancia de las revisiones que se han hecho, así como de las mejoras que se han obtenido

luego de implementada la herramienta. Para ello se propondrá una serie de formatos que permitan al evaluador realizar su trabajo de manera sencilla y sistemática.

La herramienta del mantenimiento productivo total tiene la característica que una vez implementada, persiste a lo largo de la vida útil de los equipos, por lo que darle seguimiento al proyecto es necesario.

### **3.2. Alcance**

El mantenimiento productivo total es un sistema en donde la responsabilidad no recae solamente en el departamento de mantenimiento sino en todos los involucrados en el proceso de producción. Por lo que con el TPM se pretende que todos los departamentos de la planta de producción se integren y coordinen sus actividades en conjunto (vea figura 28).

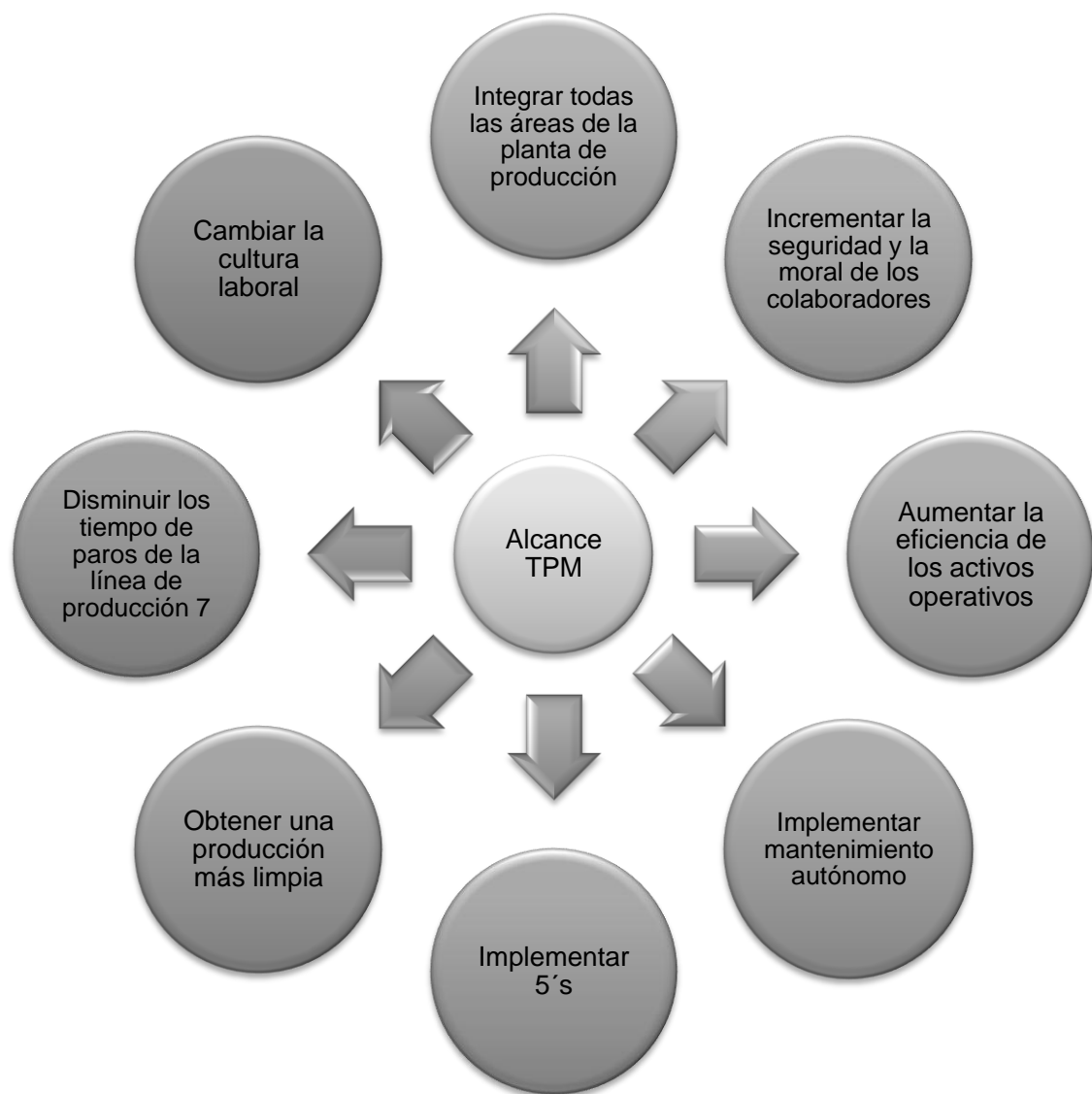
El TPM pretende cambiar la cultura con la que actualmente se labora, creando un ambiente laboral diferente, cambiando las actitudes de los colaboradores y otorgándoles cierto poder para la toma de decisiones que se presentan con el día a día, para que se sientan que son dueños de su trabajo. Es importante destacar que la implementación del TPM conllevará a que el colaborador trabaje con mayor seguridad y eleve su moral, ya que este participa activamente en trabajo en equipo y aporta sugerencias.

Con la implementación del TPM se logrará incrementar la eficiencia del equipo, disminuir las paradas de las máquinas, reducir las pequeñas averías y promover el mantenimiento autónomo del operador, involucrando para ello a toda la planta. Se deberán combinar las mejores prácticas de la calidad total, el mantenimiento y la gestión de la producción, para lograr un nivel de



productividad lo más alto posible, y se deberá infundir una búsqueda permanente de la mejora de los rendimientos de los procesos y los medios de producción, por parte de todas las personas que participan en el proceso productivo.

Figura 28. **Alcance del mantenimiento productivo total**



Fuente: elaboración propia.

Desde el punto de vista del desarrollo de la organización, el TPM debe buscar marcar una diferencia al lograr justificar y proponer acciones concretas para eliminar las barreras existentes entre los departamentos de producción y mantenimiento en cuanto al principio de responsabilidad, por el cuidado y conservación de los equipos. Con el TPM se pretende involucrar todas las áreas de la planta para alcanzar los objetivos de productividad global deseados, y este probablemente será el mayor éxito de la implementación del TPM.

Por medio del análisis situacional, que se presentó en el capítulo anterior, se llegó a determinar que la calidad de las materias primas afecta la disponibilidad de la maquinaria debido a que las especificaciones de los materiales en ocasiones no concuerda con las tolerancias de la máquina, y una cantidad considerable de las interrupciones que se dan en esta línea, es debida a que constantemente se debe detener la máquina para ajustar los parámetros de temperatura o presión con los que se estaba trabajando. El TPM ayudará a encontrar la manera de evitar estos inconvenientes, para que con esto se logre incrementar la disponibilidad de la maquinaria.

. Por medio de la herramienta TPM se deberán disminuir los tiempos de paros de la línea de sellado y empaque debidos a: comidas, cambios de formato e interrupciones técnicas, tanto planificadas como no planificadas.

La implantación del mantenimiento productivo total se utilizará también para llegar a obtener una producción más limpia, de manera que los insumos para llevar a cabo la producción en la línea de sellado y empaque se utilicen de manera eficiente, evitando cualquier tipo de desperdicio.

## **4. IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

Junto con la implantación del mantenimiento productivo total se debe enfrentar una gran cantidad de retos como el compromiso de todos los involucrados, la adaptación de las personas para los cambios que traerán mejoras en la producción, el mantenimiento, la calidad, la seguridad y el medio ambiente.

### **4.1. Procedimiento**

La implementación, como se detalló en el capítulo anterior, consistirá de cuatro fases, el cronograma de las actividades principales de cada fase es el siguiente:

- Duración del análisis situacional: 3 semanas.
- Duración de la fase I: 11 semanas.
- Duración de la fase II: 23 semanas.
- Duración de la fase III: 29 semanas.
- Duración de la fase IV: a lo largo de la vida útil de los equipos (a partir de la semana 52).



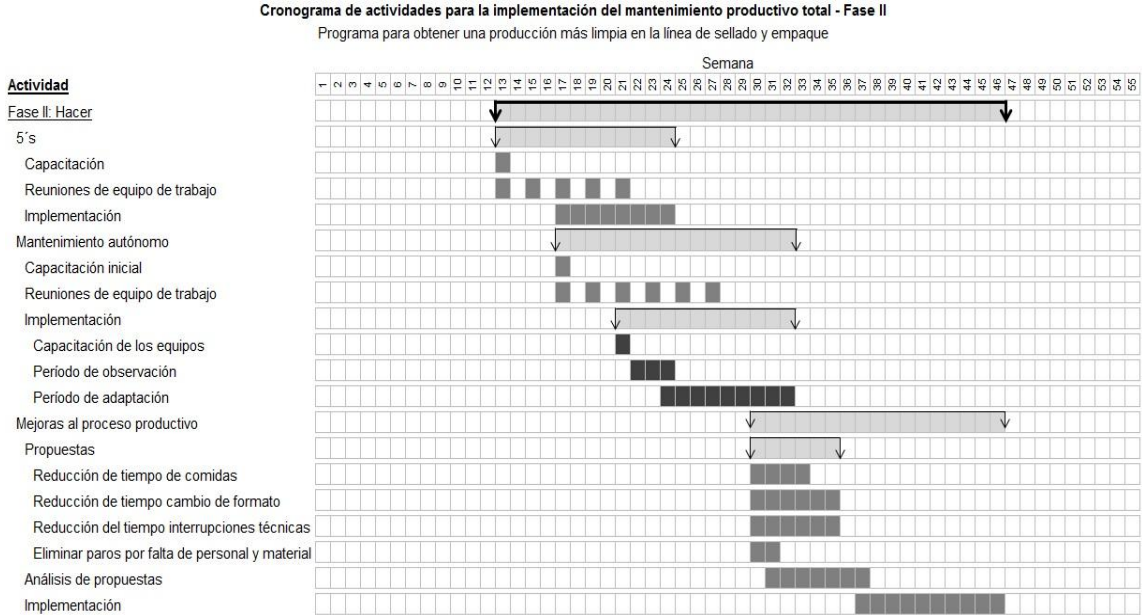


- Campaña informativa: esta se deberá realizar en un período de 3 semanas (12, 13 y 14), los primeros dos días se utilizarán para planificar la manera en que se comunicará al resto de empleados la decisión de implementar el TPM. Y el resto de los días se deberá comunicar a todo el personal la decisión de implementar el TPM, cómo se implementará y a dónde se quiere llegar.

**4.1.2. Fase II: Hacer**

La fase II se deberá realizar según la planificación que se muestra a continuación y se realizará durante las semanas 13 a la 46.

**Figura 31. Cronograma de actividades para la fase 2**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.2.1. Herramienta 5´s**

- Capacitación: una capacitación deberá ser impartida a los miembros de la iniciativa durante la semana 13; el líder del equipo deberá nombrar al capacitador, quien preferiblemente deberá contar con 6 años mínimo de experiencia en el tema.
- Reuniones de equipo de trabajo: el líder de la iniciativa será el encargado de programar reuniones quincenales de al menos 30 minutos de duración, a partir de la semana 13 hasta la semana 21.
- Implementación: la implementación se realizará en cuanto los miembros de la iniciativa hayan coordinado todas las actividades necesarias para iniciar la ejecución. La implementación deberá comenzar en la semana 17; aunque se debe tomar en cuenta que es una herramienta que permanece a lo largo de la vida útil de la línea de producción, por lo cual la mejora continua es necesaria.

#### **4.1.2.2. Mantenimiento autónomo**

- Capacitación inicial: deberá ser impartida en la semana 17 a los miembros de la iniciativa, el líder del equipo deberá nombrar al capacitador, quien preferiblemente deberá contar con 7 años mínimo de experiencia en el tema.
- Reuniones de equipo de trabajo: el líder de la iniciativa será el encargado de programar reuniones quincenales de al menos 30 minutos de duración, a partir de la semana 17 hasta la semana 27.

- Implementación: la implementación se llevará a cabo en tres etapas:
  - Capacitación sobre componentes principales de los equipos y aceites y grasas lubricantes: será impartida por supervisores y mecánicos a operadores, durante la semana 21.
  - Período de observación: los operadores de la línea de producción observarán durante un período de tres semanas a los mecánicos (a partir de la semana 22), también deberán resolverse las dudas que los operadores tengan sobre el funcionamiento correcto de los equipos y los parámetros bajo los cuales trabajan correctamente.
  - Período de adaptación: deberá iniciar en la semana 24 y concluir en la 32 o hasta que el operador sea capaz de realizar las actividades del mantenimiento autónomo por sí mismo.

#### **4.1.2.3. Mejoras al proceso productivo**

- Propuestas: El equipo de trabajo deberá empezar a proponer mejoras cuando ya hayan transcurrido 6 semanas del período de adaptación; las sesiones deberán iniciar en la semana 30 y concluir en la 35; estas propuestas deberán ser enfocadas para:
  - Reducir el 80% del tiempo de comidas.
  - Reducir el 40% del tiempo de cambio de formato.
  - Reducir el 40% del tiempo de interrupciones técnicas planificadas y del 45% del tiempo de interrupciones técnicas no planificadas.







para ello deberá establecerse nuevas metas y proponerse nuevas acciones que permitan seguir mejorando el proceso productivo. Esta etapa deberá comenzar en la semana 52 y continuar a lo largo de la vida útil de los equipos.

- Evaluaciones: se deberán realizar evaluaciones periódicas a las mejoras implementadas, a partir de:
  - Herramienta 5´s
  - Mantenimiento autónomo
  - Cambio de formato
  - Eficiencia de los activos operativos

#### **4.2. Documentación del proceso**

El presidente, los asistentes y los líderes de iniciativas serán los encargados de documentar el proceso de la implementación del mantenimiento productivo total y de comunicarlo por un medio efectivo a todos los colaboradores de la planta de producción.

El quinto día hábil de cada mes deberán emitir un comunicado que contenga los avances del proyecto que se tuvieron durante el mes anterior; puede ser por medio de un artículo o de una presentación breve.

A parte de lo anteriormente descrito, deberá hacerse un reporte mensual donde se establezcan todas las actividades y evaluaciones que fueron

realizadas, y asegurarse que todos los gerentes lo reciban y velar porque a su vez se retroalimente cualquier cambio o mejora que los mismos deseen realizar.

Los datos reales que se obtengan en la etapa de verificación deberán ser comparados con ciertos niveles de aceptación y de no cumplirse deberán ser evaluados a detalle. Los parámetros que deberán servir en dicha etapa son los siguientes:

Tabla XXIV. **Eficiencia de los activos operativos deseada**

<b>Eficiencia de los activos operativos meses: septiembre 2009 - marzo 2010</b>				
<b>Semanas</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>	<b>Índice de calidad (%)</b>	<b>OAE (%)</b>
<b>23 – 26</b>	58,33	65,95	100,00	38,47
<b>27 – 30</b>	63,65	61,44	100,00	39,10
<b>31 – 34</b>	59,83	66,43	100,00	39,74
<b>35 – 39</b>	67,40	62,82	100,00	42,34
<b>40 – 44</b>	67,62	59,96	100,00	40,54
<b>45 – 49</b>	70,95	72,35	100,00	51,33

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3. Capacitación al personal**

Las capacitaciones al personal deberán consistir en pequeñas sesiones, en las cuales se expondrán los diversos temas que involucra la implementación del TPM.

La implementación del TPM es un proceso al que se le debe prestar la máxima atención, pues es un programa a largo plazo, en el cual se invertirá un altísimo esfuerzo de todo el personal. La implantación del mantenimiento productivo total requiere que los trabajadores involucrados sean informados de su introducción. Los temas que deberán ser impartidos como capacitación son los siguientes:

- TPM

Se deberán realizar pequeñas sesiones informativas durante las semanas 12 a la 14 e incluirse los siguientes temas:

- ¿Qué es mantenimiento productivo total?
- ¿Cuál es el propósito de implementar la herramienta?
- ¿Por qué se tomó la decisión de implementar el TPM?
- Plan TPM

- Herramienta 5´s

Se deberán realizar pequeñas presentaciones en la semana 13 que abarquen los siguientes aspectos:

- ¿Qué es la herramienta 5´s?
- ¿Cuáles son y qué significan las 5´s?

- Presentación de líder y miembros de la iniciativa
- Mantenimiento autónomo

Se deberán realizar presentaciones a lo largo de la semana 17, que contengan los siguientes aspectos:

- ¿Qué es mantenimiento autónomo?
- ¿Qué tareas involucrará el mantenimiento autónomo?
- Equipos de la línea de producción y tipos de lubricantes

Esta capacitación se deberá realizar de manera dinámica, ya que mientras se expongan los distintos componentes de las máquinas se deberá ir recorriendo la línea de producción y señalizando uno a uno sus componentes principales. Se deberá realizar durante la semana 21 y abarcar los siguientes aspectos:

- ¿Cuáles son los componentes principales de la selladora?
- ¿Cuáles son los componentes principales de la estuchadora?
- ¿Cuáles son los componentes principales de la cartonadora?
- Grasas y lubricantes utilizados

## 5. MEJORA CONTINUA

### 5.1. Revisión periódica

El éxito de la implementación de la herramienta TPM, depende del seguimiento y control que se realice luego de haber iniciado la implementación. Por lo tanto dentro del plan TPM se incluyó la fase IV que es precisamente para darle seguimiento y mejora continua al proyecto.

Los aspectos que deberán evaluarse continuamente son los siguientes:

- 5's: se evaluará semanalmente el área de trabajo verificando que el área permanezca en correcto orden y que no haya objetos que no pertenezcan al cuarto de producción. Así como también que las herramientas y el equipo de protección personal se encuentre en el espacio destinado para ello.
- Mantenimiento autónomo: se evaluará que los técnicos-operarios estén realizando correctamente las tareas asignadas de inspección, limpieza y lubricación. Esta inspección se realizará una vez a la semana por parte del supervisor encargado.
- OAE: la eficiencia de los activos operativos se analizará quincenalmente, verificando que este no haya disminuido respecto del valor anterior, de ser así se llenará un formato de evaluación que contenga la información de las posibles razones que ocasionaron el descenso del OAE y las soluciones

que se le dieron al problema; por si el problema volviese a ocurrir se encuentre una solución rápida.

- Cambios de formato: los cambios de formato se analizarán por lo menos dos veces al mes, esta evaluación deberá incluir un listado de puntos de mejora y el tiempo invertido en el cambio de formato.

## **5.2. Empoderamiento**

El mantenimiento productivo total tiene dentro de sus objetivos lograr que los colaboradores sean capaces de tomar decisiones sobre su trabajo en cualquier momento. Esta técnica ayuda a mejorar el nivel de seguridad del colaborador y le eleva la moral, pero con ello se incrementa también el nivel de responsabilidad. Todo esto combinado mejorará la calidad del trabajo debido a que el colaborador no tomará las decisiones a la ligera sino que las evaluará y tomará la decisión que le parezca correcta, pues de él depende el resultado de las acciones tomadas.

## **5.3. Utilización de formatos**

Las evaluaciones que se deberán realizar luego de la implementación del TPM, se harán con base en formatos establecidos; estos formatos se utilizarán para las siguientes evaluaciones:

- Evaluación semanal de 5´s
- Evaluación semanal de actividades autónomas
- Evaluación quincenal de la eficiencia de los activos operativos



- Evaluación para cambio de formato

Tabla XXV. **Evaluación semanal 5's**

<b>Formato de evaluación 5's</b>	<b>No.</b>	<u>XXXX-XX</u>
<b>Cuarto de producción 7</b>	<b>Fecha:</b>	<u>xxxx-xx-xx</u>
Marque con una X los espacios correspondientes		
	Sí	No
¿El equipo de protección personal se encuentra en el lugar adecuado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Hay objetos que obstaculicen el flujo de personas y material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El cuarto de producción se encuentra ordenado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El cuarto de producción se encuentra libre de materiales de desperdicio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Hay objetos dañados, obsoletos o de más?*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Existe alguna amenaza de incumplir las normas de seguridad establecidas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Las herramientas están al alcance del operador?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
* Si su respuesta es sí indique cuales son los objetos:		
_____		
_____		
Observaciones:		
_____		
_____		
_____		
Inspección realizada por:		
_____		
Firma: _____		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Evaluación semanal actividades autónomas en selladora

<b>Formato de evaluación actividades autónomas</b>	<b>No.</b>	<u>XXXX-XX</u>
<b>Cuarto de producción 7 – equipo: selladora</b>	<b>Fecha:</b>	<u>xxxx-xx-xx</u>
Hora inicio _____	Hora final _____	
Operador _____	Firma _____	
Evaluador _____	Firma _____	
Marque con una X la casilla correspondiente		
	Sí	No
¿Succionó todo el polvo que estaba dentro de la máquina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Succionó la sección de corte y perforación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Succionó la sección de alimentación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Limpió la superficie con un paño con alcohol etílico?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Limpió el rodillo sellador?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Limpió los excesos de aceite lubricante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Inspeccionó todas las partes accesibles, sin desmontar piezas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Verificó que no existieran ventosas dañadas o lastimadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Verificó que no existieran piezas dañadas o lastimadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó la sección de formado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó el cojinete?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES: _____		
_____		
_____		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Evaluación semanal actividades autónomas en estuchadora

<b>Formato de evaluación actividades autónomas</b>		<b>No.</b>	<u>XXXX-XX</u>
<b>Cuarto de producción 7 – equipo: estuchadora</b>		<b>Fecha:</b>	<u>xxxx-xx-xx</u>
Hora inicio _____		Hora final _____	
Operador _____		Firma _____	
Evaluador _____		Firma _____	
Marque con una X la casilla correspondiente			
		Sí	No
¿Succionó todo el polvo que estaba dentro de la máquina?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Limpió la superficie con un paño con alcohol etílico?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Limpió el encolador?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Succionó el almacén de estuches, cadena de cangilones, brazos de acogida de estuches, el carrusel giratorio y los empujadores?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Retiró los excesos de cola?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Purgó el filtro regulador para aire comprimido?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Inspeccionó todas las partes accesibles, sin desmontar piezas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Verificó el accionamiento de los plegadores móviles?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Verificó que no existieran ventosas dañadas o lastimadas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Verificó que no existieran piezas dañadas o lastimadas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó las correderas de los empujadores?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó los soportes orientables?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó las articulaciones esféricas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó las correderas de soporte, recolección y formado de estuches?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó la corredera de contraste superior móvil?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>OBSERVACIONES:</b> _____			
_____			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Evaluación semanal actividades autónomas en cartonadora**

<b>Formato de evaluación actividades autónomas</b>		<b>No.</b>	<u>XXXX-XX</u>
<b>Cuarto de producción 7 – equipo: cartonadora</b>		<b>Fecha:</b>	<u>xxxx-xx-xx</u>
Hora inicio _____	Hora final _____		
Operador _____	Firma _____		
Evaluador _____	Firma _____		
Marque con una X la casilla correspondiente			
		Sí	No
¿Limpió la superficie con un paño con alcohol etílico?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Succionó cinta de alimentación de estuches, almacén de cartones, grupo de recogida de cartón y ventosas, el grupo de introducción de fardo en cartón y correas de transporte?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Retiró los excesos de tape en la unidad encintadora?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Limpió con paño húmedo la superficie de la máquina?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Inspeccionó todas las partes accesibles, sin desmontar piezas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Verificó el accionamiento de los plegadores móviles?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Verificó que no existieran ventosas dañadas o lastimadas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Verificó que no existieran piezas dañadas o lastimadas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó tornillos patrón de elevación de cabeza?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó la cadena del trasladador?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó las cadenas de almacenamiento de cajas de cartón?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó el cilindro de agarre de caja de cartón?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó los cilindros de cierre de solapas internas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Lubricó engranajes de elevación de cabeza?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES: _____			
_____			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Evaluación de la eficiencia de los activos operativos**

**Monitoreo quincenal de la eficiencia de los activos operativos**

**Línea de producción 7**

Fecha programada de inicio \_\_\_\_\_ Fecha programada de terminación \_\_\_\_\_

Día	Producto	Tiempo total disponible	Paros planificados	Tiempo neto disponible	Paros no planificados	Tiempo operacional	Producto aceptado	Producto rechazado	Producción total	Velocidad teórica

Disponibilidad (%) \_\_\_\_\_ OAE (anterior) \_\_\_\_\_  
 Eficiencia (%) \_\_\_\_\_ OAE (actual) \_\_\_\_\_  
 Calidad (%) \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. Evaluación de cambio de formato

Evaluación de cambio de formato

Línea de producción 7

Evaluación No.

xxxx-xxx

Producto A: \_\_\_\_\_

Producto B: \_\_\_\_\_

Realizado por: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Auxiliado por: \_\_\_\_\_

Auxiliado por: \_\_\_\_\_

Hora Inicio: \_\_\_\_\_ Hora Final: \_\_\_\_\_

Marque con una X los espacios correspondientes:

Equipos involucrados en el cambio de formato:

Selladora  Estuchadora  Cartonadora

	Sí	No
¿Los materiales y herramientas fueron preparados antes de iniciar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se verificaron las características del producto a empacar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La disponibilidad de tiempo fue la adecuada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Por qué? \_\_\_\_\_

---

¿Se presentó algún tipo de atraso?

¿Cuál? \_\_\_\_\_

---

A continuación indique el tiempo que se ocupó durante cada actividad del cambio de formato; si observa alguna anomalía descríbala en el área de observaciones.

<b>Actividad</b>	<b>Hora inicial</b>	<b>Hora final</b>
<b>Selladora</b>		
Preparación de materiales y herramientas		
Desmontaje de piezas		
Limpieza y sanitización		
Montaje y regulación		
Ensayos y ajustes		
<b>Estuchadora</b>		
Preparación de materiales y herramientas		
Desmontaje de piezas		
Limpieza y sanitización		
Montaje y regulación		
Ensayos y ajustes		
<b>Cartonadora</b>		
Preparación de materiales y herramientas		
Desmontaje de piezas		
Limpieza y sanitización		
Montaje y regulación		
Ensayos y ajustes		

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Evaluador: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.





## **6. MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD OCUPACIONAL**

### **6.1. Condiciones ambientales**

#### **6.1.1. Condiciones de seguridad e higiene**

Respecto de las condiciones de seguridad de la planta se puede mencionar que el riesgo de sufrir un accidente dentro de la misma es mínimo, pues las condiciones de trabajo son seguras.

Se cuenta con la respectiva señalización en el piso, la cual indica el espacio que debe ser utilizado para colocar la maquinaria al armar las líneas de producción. Los cables de la instalación eléctrica de las máquinas están colocados en alto y cubiertos por cielo falso para evitar que sean causa de accidente.

Las máquinas que se utilizan en el proceso de producción deben utilizarse en forma adecuada y con precaución ya que se trabaja con temperaturas elevadas y herramientas de corte; con la finalidad de minimizar el riesgo de accidente se cuenta con dispositivos de seguridad en las puertas de la máquina, los cuales detienen la máquina si una de estas es abierta.

Respecto de las condiciones de higiene, se puede mencionar el uso de jabón anti-bacterial y alcohol para la limpieza de las manos, y se debe usar mascarillas para evitar el contacto con polvos dispersos en el aire.

Para evitar la contaminación del producto, se prohíbe el ingreso de comidas y bebidas a la planta. Se cuenta con personal para limpiar constantemente el piso, ya que este se ensucia con desechos materiales.

Para garantizar la seguridad de los colaboradores se deben de seguir ciertos lineamientos al utilizar la maquinaria de la línea de producción; dentro de estos cabe mencionar los siguientes:

### **6.1.2. Protección personal**

Los dispositivos de protección que se utilizan son: mascarilla y lentes para protegerse de cualquier polvo remanente en el aire; guantes, cuando se trabaja en contacto directo con el producto para evitar su contaminación; orejeras, cuando se trabaja con aire comprimido.

### **6.1.3. Ambiente laboral**

Se considera que el ambiente laboral es el adecuado para los trabajadores, ya que se cuenta con suficiente iluminación, el ruido de las máquinas es tolerable; se cuenta con ventilación en las estaciones de trabajo.

A la vez se cuenta con equipo y condiciones adecuadas para brindar un ambiente seguro para el desarrollo del trabajo, como extintores en caso de incendio, rutas de evacuación en caso de emergencia, estaciones lavaojos y duchas de emergencia en caso de contacto con producto nocivo o toxico para la salud.

## **6.2. Manejo de desechos**

### **6.2.1. Clasificación de desechos**

#### **6.2.1.1. Aprovechables**

- Materia prima y producto para destrucción por seguridad del producto: materia prima, polvo, tabletas, producto semielaborado y producto terminado resultante de mermas del proceso de manufactura y en las pruebas de control de proceso; producto terminado rechazado; muestras de control de calidad: Estos se colocarán en el área de almacenamiento con acceso restringido al área de destrucciones.
- Material de empaque y documentación para destrucción por seguridad del producto: *foil*, cajas de expedidores, cartón corrugado, frascos plásticos y cualquier material de empaque con marcas; documentación confidencial. Estos se colocarán en el área de almacenamiento con acceso restringido al área de destrucciones.
- Basura: guantes, mascarillas, lapiceros, marcadores, etc.

#### **6.2.1.2. No aprovechables**

- Plástico: sacos, bolsas de nylon, plástico termoencogible, centros plásticos de bobinas, fleje de plástico, marchamos y toneles plásticos.
- Vidrio: cualquier recipiente material de vidrio sin distinción de color que no esté contaminado.

- Metal: centros metálicos de bobinas y fleje de metal.
- Papel, cartoncillo, cartón y madera: papel blanco con impresiones no confidenciales; cajas, cartoncillo y cartón corrugado sin marcas; sacos de papel; centros de cartón de bobinas, toneles de cartón; tarimas y reglas de madera.

### **6.3. Tratamiento de aguas**

En la actualidad se cuenta con una planta de tratamiento de agua la cual tiene como propósito eliminar los microorganismos, sustancias químicas, caracteres físicos y radiológicos presentes en ella, volviéndola apta para el consumo interno, tanto para uso humano como para los procesos de operación.

El proceso de tratamiento de agua es el siguiente:

- Filtración fina: separación de partículas, se puede utilizar un filtro de tambor en el cual el líquido se filtra con la periferia del tambor que rota lentamente, asistido por una estructura especial de los elementos filtrantes, las partículas se separan cuidadosamente del líquido.
- Ablandamiento: los iones principalmente causantes de la dureza son los de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). Estos iones o minerales son los causantes de las formaciones sólidas que producen las obstrucciones en las tuberías y el equipo, en los sistemas de agua potable y de agua de proceso. Las unidades ablandadoras ofrecen una solución de purificación del agua para la eliminación del agua dura y de la cal.

- Adsorción: proceso donde un sólido se utiliza para quitar una sustancia soluble del agua. En este proceso el carbón activo es el sólido.
- Filtración de membrana: en proceso de la ósmosis inversa, el agua es forzada a cruzar una membrana, dejando las impurezas detrás. La permeabilidad de la membrana puede ser tan pequeña, que prácticamente todas las impurezas, moléculas de la sal, bacterias y los virus, son separados del agua.
- Intercambio iónico: los intercambiadores iónicos son usados para la separación de sales (cationes y aniones) del agua.

#### **6.4. Ahorro energético**

Normalmente, el uso de la energía eléctrica representa una considerable parte de los costos de producción en cualquier sector productivo, por lo tanto, al realizar un manejo eficiente de la energía utilizada, se mejorará la competitividad en general de la empresa.

Por este motivo el uso adecuado de la energía es un tema central en las campañas de capacitación y de concienciación de empleados, ya que con solo cambiar rutinas se puede reducir consumo y costos.

La eficiencia energética se puede lograr mediante la implementación de un plan de ahorro y control del uso de la energía.

La tabla XXXI presenta una serie de recomendaciones generales para el uso eficiente de la energía, que al ser implementados, repercute en beneficios inmediatos.

Tabla XXXI. **Recomendaciones para el uso eficiente de la energía en la operación**

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar
<p><b>Establecer un plan de monitoreo del consumo de energía por etapa del proceso</b></p>	<p>Establecimiento de una línea base de consumo de energía</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir un instrumento para el registro de consumo de energía.</li> <li>• Instalar medidores de consumo de energía por etapa del proceso.</li> <li>• Desarrollar un sistema de captura y análisis de información.</li> <li>• Registrar el consumo mensual de energía.</li> </ul>
<p><b>Implementar un plan de ahorro y control del uso de energía</b></p>	<p>Reducción de los costos por el uso eficiente de energía en el proceso</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar planos eléctricos y diagramas de ubicación de equipos e instalaciones eléctricas y censo de carga, para definir los requerimientos energéticos por equipo y etapa del proceso.</li> <li>• Analizar los registros del plan de monitoreo.</li> <li>• Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo del sistema energético, equipo y maquinaria (limpieza y reparaciones).</li> <li>• Revisión y verificación de motores y de sus eficiencias acordes a especificaciones del fabricante vs. uso actual.             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar el nivel apropiado de iluminación por actividad.</li> <li>• Utilizar luz natural colocando en la medida de lo posible.</li> </ul> </li> <li>• Realizar acciones de concientización para los empleados (campañas, rotulación y charlas para el uso eficiente de energía: apagar las luces cuando no se necesiten, etc.). Apagar y desconectar los aparatos eléctricos y equipo de oficina cuando no se están utilizando.</li> <li>• Monitorear y verificar la efectividad del plan de ahorro.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

## **6.5. Medidas de mitigación**

### **6.5.1. Normativa para la utilización de la maquinaria**

- Está prohibido quitar los dispositivos y las protecciones de seguridad.
- Está prohibido quitar el producto en circulación o atascado cuando la máquina está en funcionamiento y con el pulsador de emergencia sin apretar.
- Está prohibido efectuar en los órganos en movimiento cualquier operación de reparación, regulación u otras.
- Está prohibido efectuar reparaciones, regulaciones, mantenimiento u otras operaciones sin quitar la tensión de alimentación general de la máquina.
- Comprobar cotidianamente el funcionamiento de todos los dispositivos eléctricos de seguridad.
- Durante todas las operaciones de mantenimiento, reparación o regulación, es indispensable colocar siempre un cartel de advertencia sobre el panel de control incorporado en la máquina o en el interruptor general de alimentación eléctrica.
- Las anteriores indicaciones son a nivel puramente indicativo, por lo tanto no excluyen otras normas nacionales o internacionales previstas para el sector específico y para el tipo de tecnología.

- El manejo de la máquina y todas las intervenciones de normal regulación y mantenimiento deben efectuarse según las especificaciones indicadas en el manual.

## **6.5.2. Disposición final de desechos**

### **6.5.2.1. Aprovechables**

- Materiales y producto para destrucción por seguridad del producto: este material se destruirá utilizando el molino u otro proceso que asegure que el producto no puede ser utilizado y que las marcas no son legibles. Para destrucciones en el molino, adicional al equipo de protección rutinario, deberá utilizar lentes de protección, protección auditiva y respirador contra polvos. Una vez destruido el material, se colocará en el área designada para entrega a la empresa encargada de trasladarlo al depósito sanitario autorizado.
- Material para destrucción por seguridad del producto o confidencialidad: este material se destruirá utilizando una trituradora de papel o rompiéndolo en secciones, de manera que las marcas no sean visibles y no pueda volver a ser utilizado. Para el caso de los frascos plásticos con etiqueta de producto, la etiqueta deberá ser removida o destruida de manera que las marcas no sean visibles y no pueda volver a ser utilizada. Los frascos sin etiqueta, se convierten en material aprovechable y podrán ser enviados a reciclaje.
- Basura: se colocará en el área designada, para entrega a la empresa encargada de trasladarla al depósito sanitario autorizado.



### **6.5.2.2. No aprovechables**

Los materiales aprovechables definidos con anterioridad serán para la venta o reciclaje, según se acuerde con el departamento de servicios generales, quien será el encargado de emitir una autorización para que el técnico de destrucciones entregue los materiales a la persona/empresa interesada, una vez que vayan a ser retirados definitivamente de las instalaciones.



## CONCLUSIONES

1. La eficiencia de los activos operativos se verá incrementada a un valor mayor del 50% al aumentar la disponibilidad de maquinaria actual en un rango del 19% al 22%, mientras la eficiencia y el índice de calidad permanecen constantes, o bien incrementando la disponibilidad de maquinaria y la velocidad de producción mientras se mantienen los niveles de calidad actuales.
2. El equipo de trabajo deberá facilitar la implementación del mantenimiento productivo total y garantizar resultados positivos; dicho equipo de trabajo involucra a gerentes, jefes, supervisores y otros colaboradores de los departamentos de ingeniería y mantenimiento, producción, control de calidad y planificación.
3. La disponibilidad de la línea de sellado y empaque se verá aumentada al lograr disminuir la cantidad de interrupciones planificadas y no planificadas de la siguiente manera: las interrupciones técnicas planificadas en un 40%, las interrupciones técnicas no planificadas en un 45%, los cambios de formato en un 40%, las comidas en un 80% y en 100% la falta de personal y la falta de material.
4. La implementación del TPM requiere que los colaboradores involucrados estén informados y capacitados sobre todas las herramientas y mejoras que se harán al proceso productivo, por lo tanto deberán realizarse sesiones informativas para exponer temas de interés, como: herramienta TPM, herramienta 5's, mantenimiento

autónomo, equipos y componentes de la línea de sellado y empaque y lubricantes utilizados. A la vez que se realicen las capacitaciones, se debe promover actividades autónomas para que los operarios realicen las tareas de inspección, limpieza y lubricación diarias y semanales.

5. El uso eficiente de materias primas se obtiene como beneficio al lograr mejorar el proceso productivo, ya que al disminuir la cantidad de interrupciones técnicas, se evita que la máquina rechace automáticamente el producto y con ello se logra una mejor utilización de materias primas. Como parte de la implementación se realiza una propuesta de ahorro energético, para el uso eficiente de energía en la operación.
6. Las principales deficiencias que se encontraron en el proceso productivo son las interrupciones técnicas no planificadas ocasionadas por la selladora y la estuchadora; las interrupciones técnicas planificadas ocasionadas por cambios de lote, el tiempo ocupado en comidas y el tiempo ocupado en realizar el cambio de formato.
7. Al lograr optimizar la utilización de materias primas se reduce la cantidad de residuos obtenidos en las diferentes etapas del proceso productivo; además otra alternativa para reducir los residuos es evitar hacer pruebas extensas de control en proceso, y realizarlas de manera frecuente, pero sin solicitar producto terminado en cantidades elevadas.

## RECOMENDACIONES

1. Monitorear continuamente el valor de la eficiencia de los activos operativos ya que una variación en la misma puede significar errores en el proceso productivo.
2. Involucrar e incentivar a todo el personal a que participe de la implementación del mantenimiento productivo total para evitar reacciones negativas.
3. Crear un compromiso y seguimiento al plan propuesto, por medio de reuniones periódicas con los integrantes del equipo encargado de la implementación del TPM, para que a mediano y largo plazo pueda incrementarse aún más la disponibilidad de la maquinaria.
4. Capacitar continuamente al personal para que la implementación del TPM persista como una cultura organizacional y a mediano plazo; proponer a otros departamentos a integrarse al equipo de trabajo, como ventas, bodega, mercadeo, etc. para obtener mayores resultados.
5. Cuantificar los desperdicios del proceso productivo y considerarlos como una ineficiencia del proceso, para que estos sean disminuidos paulatinamente.

6. Analizar con mayor profundidad las raíces de los problemas que ocasionan las interrupciones de los equipos productivos y proponer los ajustes necesarios para eliminarlas.
  
7. Evaluar periódica y objetivamente las mejoras realizadas al proceso productivo y dar a conocer los resultados a todos los miembros del equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. FÚQUENE, Carlos. *Producción limpia, contaminación y gestión ambiental*. Colombia: Javeriana, 2007. 112 p.
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2005. 459 p.
3. JURADO, Oscar. *Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para una máquina empacadora de cereales*. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 234 p.
4. *Manual de operaciones de la selladora, estuchadora y cartonadora*. Italia: s.e., 2007. 889 p.
5. MONROY, Fredy. *Principios básicos de mantenimiento*. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 176 p.
6. RODRÍGUEZ, Manuel. *El proceso de cambio de útiles*. España: Fundación Confemetal, 2003. 192 p.
7. SUZUKI, Tokutaro. *TPM en industrias de proceso*. Estados Unidos: Productivity Press, 1994. 391 p.
8. WIREMAN, Terry. *Inspección y Formación de TPM*. Estados Unidos: Industrial Press, 1992. 256 p.





# ANEXOS

## 1. Hoja de verificación de la selladora

**Hoja de verificación diaria y semanal**  
**Equipo: Selladora**

		Día					
<b>Limpieza</b>							
1	Succionar todo el polvo que está dentro de la máquina						
2	Succionar la sección de corte y perforación						
3	Succionar la sección de alimentación						
4	Limpiar la superficie con un paño humedecido con alcohol etílico						
5	Limpiar el rodillo sellador						
6	Limpiar cualquier exceso de aceite lubricante						
<b>Inspección</b>							
1	Inspeccionar todas las partes accesibles, sin desmontar piezas						
2	Verificar que no existan ventosas dañadas o lastimadas						
3	Verificar que no existan piezas dañadas o lastimadas						
<b>Lubricación</b>							
1	Lubricar la sección de formado						
2	Lubricar el cojinete del rodillo sellador						
3	Lubricar cojinetes de la sección de corte y perforación, engranajes y sección de corte						
	Realizado por:						
	Supervisado por:						

Fuente: elaboración propia.

## 2. Hoja de verificación de la estuchadora

### Hoja de verificación diaria y semanal

#### Equipo: Estuchadora

		Día						
<b>Limpieza</b>								
1	Succionar todo el polvo que está dentro de la máquina							
2	Limpiar la superficie con un paño humedecido con alcohol etílico							
3	Limpiar el encolador							
4	Succionar el almacén de estuches, cadena de cangilones, brazos de acogida de estuches, el carrusel giratorio y los empujadores.							
5	Retirar excesos de cola.							
6	Purgar el filtro regulador para aire comprimido.							
<b>Inspección</b>								
1	Inspeccionar todas las partes accesibles, sin desmontar piezas							
2	Verificar el accionamiento de los plegadores							
3	Verificar que no existan ventosas dañadas o lastimadas							
4	Verificar que no existan piezas dañadas o lastimadas							
<b>Lubricación</b>								
1	Lubricar las correderas de los empujadores							
2	Lubricar soportes orientables							
3	Lubricar las articulaciones esféricas							
4	Lubricar las correderas de soporte, recolección y formado de estuches							
5	Lubricar corredera contraste superior móvil							
Realizado por:								
Supervisado por:								

Fuente: elaboración propia.

### 3. Hoja de verificación de la cartonadora

#### Hoja de verificación diaria y semanal

Equipo: Cartonadora

		Día						
<b>Limpieza</b>								
1	Limpiar la superficie con un paño humedecido con alcohol etílico							
2	Succionar cinta de alimentación de estuches, almacén de cartones, grupo de recogida de cartón y ventosas, el grupo de introducción de fardo en cartón y correas de transporte.							
3	Retirar excesos de tape en la unidad encintadora.							
4	Limpiar con paño húmedo la superficie de la máquina.							
<b>Inspección</b>								
1	Inspeccionar todas las partes accesibles, sin desmontar piezas							
2	Verificar el accionamiento de los plegadores							
3	Verificar que no existan ventosas dañadas o lastimadas							
4	Verificar que no existan piezas dañadas o lastimadas							
<b>Lubricación</b>								
1	Lubricar tornillos patrón de elevación de cabeza							
2	Lubricar la cadena del trasladador							
3	Lubricar las cadenas de almacenamiento de cajas de cartón							
4	Lubricar el cilindro de agarre de caja de cartón							
5	Lubricar los cilindros de cierre de solapas internas							
6	Lubricar engranajes de elevación de cabeza							
Realizado por:								
Supervisado por:								

Fuente: elaboración propia.

