

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
PARA LAS MÁQUINAS DE ENSAMBLAJE Y EMPAQUE DE UNA EMPRESA
MANUFACTURERA DE HOJILLAS DE AFEITAR”**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR

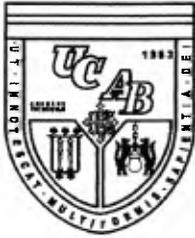
RANGEL FONSECA, YEINMY

PROFESOR GUIA

ING. SEBASTIÁN RIBIS

FECHA

MAYO 2006.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
PARA LAS MÁQUINAS DE ENSAMBLAJE Y EMPAQUE DE UNA EMPRESA
MANUFACTURERA DE HOJILLAS DE AFEITAR”**

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado
su contenido con el resultado: VEINTE (20) PUNTS

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: <u>Demóstenes Quisada</u>	Nombre: <u>Sebastián Ribis</u>	Nombre: <u>Rangel Fonseca</u>

REALIZADO POR

Rangel Fonseca, Yeinmy

PROFESOR GUIA

Ing. Sebastián Ribis

FECHA

Mayo, 2006



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dedicar y agradecer el presente trabajo de grado a mi mamá, que fue la persona que en todo momento me guió y ayudó a canalizar todas esas emociones que, derivadas del cansancio, tropiezos con materias, diversos problemas, etc., tuve que afrontar durante el transcurso de mi carrera y quizás me hacían dudar y desviar de los objetivos que en principio me propuse. Además, es mi reinita bella.

A Luis Selvitella, mi Bebé, quien durante todos estos años me apoyó y brindó palabras de aliento para el logro de mis metas, y jamás dudó en ayudarme en cualquier momento que lo necesitara. Por eso y más lo quiero.

Por supuesto, a mis amigos de la universidad, con quienes trabajé, reí, lloré, celebré montones de veces, etc., tanto así, que llegamos a ser como hermanos, y los tengo para las buenas y malas. Ellos son: Palestina Martínez, William Montes, Astrid Guaqueta, Daniel Ortiz, Leslie Rey, Jonathan Cohen, Neylida Lenarduzzi, Juan Cristóbal Martínez, Idalmis Moreno, Gustavo Larrazabal, Enmanuel López. Y también a aquéllos que, aunque no estudiaron conmigo, conocí durante esos años y me apoyaron: Nesemio García, Fidel Pérez, Yelitza Marjal, Victor Marval, Yeselín Marval, Zaether. Los quiero a todos.

A mi tutor, Sebastián Ribis, quien es una gran persona, siempre alegre, dispuesto a ayudar y dar ese consejo preciso en el momento indicado, y fue el mejor guía que pude haber elegido y le agradezco mucho su atención.

Por último, no por eso menos importante, a todo el grupo de la Planta Schick, quienes me ayudaron enormemente y además hice muy buenos amigos: Luz Andrade, Franklin Zambrano, Carol Gómez, Luis Isturiz.



ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
I. MARCO TEÓRICO.....	2
I.1. Mantenimiento General.....	2
<i>I.1.1. Concepto</i>	2
<i>I.1.2. Objetivos del Mantenimiento</i>	3
I.2. Tipos de Mantenimiento	4
<i>I.2.1. Mantenimiento Preventivo</i>	4
<i>I.2.2. Mantenimiento Correctivo</i>	4
I.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	5
<i>I.3.1. Origen del Mantenimiento Productivo Total</i>	5
<i>I.3.2. Definición de Mantenimiento Productivo Total</i>	7
<i>I.3.3. Objetivos del Mantenimiento Productivo Total</i>	8
<i>I.3.4. Las Seis Grandes Perdidas</i>	9
<i>I.3.5. Mantenimiento Autónomo (MA)</i>	10
II. LA EMPRESA.....	12
II.1. Descripción de la Empresa	12
II.2. Reseña Histórica	12
II.3. Familia de Productos	13
II.5. Estructura Organizacional.....	15
III. EL PROBLEMA	16
III.1. Planteamiento del Problema.....	16
III.2. Objetivos	18
<i>III.2.1. Objetivo General</i>	18
<i>III.2.2. Objetivos Específicos</i>	18
<i>III.2.3. Alcance y limitaciones</i>	19
IV. METODOLOGÍA	20
IV.1. Diseño de la Investigación.....	20
<i>IV.1.1. Investigación de Campo</i>	20



IV.1.2. Investigación Bibliográfica.....	20
IV.2. Tipo de Investigación.....	21
IV.2.1. Aplicada.....	21
IV.2.2. Cuantitativa	21
IV.3. Etapas de la Investigación	21
IV.3.1. Levantamiento de la Información	21
IV.3.2. Registro y Análisis de la Información	22
IV.3.3. Diagnóstico de la Situación Actual	23
IV.3.4. Desarrollo de la Propuesta.....	23
IV.3.5. Análisis Económico de la Propuesta.....	24
V. DIAGNÓSTICO.....	25
V.1. Premisas	25
V.2. Diagnóstico General.....	27
V.2.1. Máquinas del Área de Ensamblaje	28
V.2.2. Máquinas del Área de Empaque	36
VI. PROPUESTA	41
VI.1. Propuesta de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total en las Máquinas del Área de Ensamblaje	41
VI.1.1. Programa de Mantenimiento Autónomo	42
VI.1.2. Formato de Control de Fallos	47
VI.1.3. Analistas de Ensamblaje	48
VI.1.4. Análisis Económico de la Propuesta.....	48
VI.2. Propuesta de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total en las Máquinas del Área de Empaque	52
VI.2.1. Propuesta (A): Cambios de Toolings en las Alloyd Rotary	52
VI.2.2. Análisis Económico de la Propuesta (A).....	55
VI.2.3. Propuesta (B): Cambios de Toolings en las Alloyd Inline	56
VI.2.4. Análisis Económico de la Propuesta (B).....	59
VII. CONCLUSIONES	61
VIII. RECOMENDACIONES.....	63



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Algunos productos del catálogo Schick Wilkinson Sword.....	14
Figura 1.2. Etapas del proceso productivo por familia de productos	14
Figura 1.3. Organigrama de Planta Shick Wilkinson Sword para Latinoamérica	15
Figura 1.4. Organigrama del personal adscrito al Departamento de Mantenimiento.....	16
Figura 1.5. Procedimiento a ejecutar en la investigación.....	24
Figura 1.6. Variables que intervienen en el cálculo del OEE	25
Figura 1.7. Eficiencia Global y factores que influyen en ella.....	26
Figura 1.8. Variables vitales que inciden sobre la disponibilidad en las máquinas ST	30
Figura 1.9. Análisis de sensibilidad de las variables de la disponibilidad en las máquinas ST	31
Figura 1.11. Variables vitales que inciden sobre la disponibilidad en las máquinas Automáticas	34
Figura 1.12. Análisis de sensibilidad de las variables que afectan la disponibilidad en las máquinas automáticas	35
Figura 1.13. Fallas eléctricas representativas en las máquinas ST	35
Figura 1.14. Máquinas a estudiar del área de empaque.....	37
Figura 1.15. Causas que generan fallas en los sensores	44
Figura 1.16. Causas que generan fallas en la cámara de inspección.....	46
Figura 1.17. Gráfico del procedimiento actual de cambio de tooling en las Alloyd Rotary	54
Figura 1.18. Gráfico del procedimiento propuesto de cambio de tooling en las Alloyd Rotary	54
Figura 1.19. Gráfico del procedimiento actual de cambio de tooling en las Alloyd Inline	58
Figura 1.20. Gráfico del procedimiento propuesto de cambio de tooling en las Alloyd Inline	58



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Situación de trabajo con 3 turnos	17
Tabla 1.2: Situación actual de trabajo con 4 turnos.....	17
Tabla 1.3: Total de máquinas en el área de producción.....	18
Tabla 1.4: Disponibilidad del área de empaque y ensamblaje en el período de estudio	28
Tabla 1.5: Índice de disponibilidad de las ST en el período de estudio.....	29
Tabla 1.6: Datos de operación de las máquinas ST en el mes de abril	29
Tabla 1.7: Escenarios del índice de disponibilidad en las máquinas ST.....	30
Tabla 1.8: Índice de disponibilidad de las automáticas en el período de estudio	32
Tabla 1.9: Datos de operación de las automáticas en el mes de abril	33
Tabla 1.10: Escenarios del índice de disponibilidad en las automáticas	33
Tabla 1.11: Cantidad y duración de cambio de toolings en las Alloyd Rotary	38
Tabla 1.12: Actividades y duración del cambio de tooling en las Rotary	38
Tabla 1.13: Cantidad y duración de cambio de toolings en las Alloyd Inline	39
Tabla 1.14: Actividades y duración del cambio de tooling en las Inline	40
Tabla 1.15: Pasos de cambio de tooling actual en las Alloyd Rotary	53
Tabla 1.16: Pasos de cambio de tooling actual en las Alloyd Inline.....	57



SINOPSIS

El presente Trabajo Especial de Grado tiene por objetivo proponer un sistema de mantenimiento productivo total en las máquinas de ensamblaje y empaque de una empresa manufacturera de hojillas de afeitar. El estudio estipula las siguientes etapas:

CAPÍTULO I: Marco Teórico

Contiene los conceptos necesarios para realizar la propuesta.

CAPÍTULO II: La Empresa

Muestra una reseña de la empresa, su descripción, estructura organizacional, familia de productos y sus procesos productivos.

CAPÍTULO III: El Problema

Presenta la situación actual de las máquinas del proceso y las causas que llevaron a realizar la investigación, los objetivos generales y específicos a ser planteados, así como el alcance y las limitaciones.

CAPÍTULO IV: Metodología

Muestra una reseña esquematizada y explicativa de los lineamientos a seguir en la consecución de los objetivos y el tipo de investigación efectuada.

CAPÍTULO V: Diagnóstico

Consiste en el análisis en base a la información obtenida durante el período de estudio y a los indicadores recomendados por TPM.

CAPÍTULO VII: Propuesta

Muestra el desarrollo de la propuesta de mantenimiento productivo total para las máquinas del proceso y su análisis económico.

CAPÍTULO VII: Conclusiones

Presenta las conclusiones a las que se llegó después de realizar el estudio.

CAPÍTULO VIII: Recomendaciones

Muestra las recomendaciones contempladas del proyecto realizado.



INTRODUCCIÓN

Toda instalación industrial persigue como principal objetivo garantizar su producción mediante el control de las variables que influyen sobre ella, tal como es el mantenimiento de sus equipos productivos.

Las paradas consecutivas dentro de los sistemas causadas por fallas imprevistas, falta de planificación para mantenimiento, deficiencia en métodos de trabajo, falta de cooperación del personal, etc., generan una mala gestión de mantenimiento, que trae como consecuencia altos costos de producción, pérdida de mercado, entre otras. De aquí la importancia de que las empresas empleen un sistema de mantenimiento adecuado, flexible, eficiente y con alta capacidad de respuesta.

El Mantenimiento Productivo Total implica la búsqueda de la excelencia en lo que a gestión de equipos se refiere, que se produzcan cero fallos y contempla la mejora continua, así como la capacitación de los operadores de los equipos en labores básicas de mantenimiento y en detección de posibles averías.

Es necesario realizar un diagnóstico del funcionamiento de los equipos, basados en los coeficientes de eficiencia e indicadores de TPM, tomando en cuenta datos históricos, tipo y tiempo de reparación de las fallas y catálogos del fabricante, entre otros aspectos, para determinar si es viable su implementación y cómo se realizará.

El presente trabajo especial de grado se basa en la realización de una propuesta para un sistema de mantenimiento productivo total en las máquinas de ensamblaje y empaque de una empresa manufacturera de hojillas de afeitar.



I. MARCO TEÓRICO

I.1. Mantenimiento General

I.1.1. Concepto

Una de las definiciones de mantenimiento habla de éste como: “El control constante de las instalaciones, así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios, para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos”¹.

El mantenimiento se puede interpretar desde dos puntos de vista, primero como el de reparar y el segundo para la organización que se refiere a prever, controlar y simplificar la combinación de ambos de forma armónica, es lo que conduce al éxito del mismo.

Cuando se habla de mantenimiento, ineludiblemente se menciona la palabra calidad, ya que se dice que éste se efectúa para mantener la calidad de los sistemas productivos, así como de sus productos. De esto se deriva que: “El mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada”².

El mantenimiento se refiere a todas las actividades orientadas a la conservación o reestablecimiento de equipos, instalaciones, edificaciones y servicios a fin de asegurar la disponibilidad de los mismos a la organización para el logro de sus funciones y objetivos con la mayor calidad.

¹ BALDIN, A. y otros. Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales. Editorial Gustavo Gili S. A. Barcelona 1982. Pág. 19

² DOUNCE, E. La Productividad en el Mantenimiento Industrial. Editorial CECSA. México 1998. Pág. 42.



La misión del departamento de mantenimiento es “conservar en constante y perfecto funcionamiento todos los medios de producción con un mínimo costo”³. Por tal motivo este departamento es uno de los pilares fundamentales en el funcionamiento de cualquier organización.

1.1.2. Objetivos del Mantenimiento

El objetivo principal de un departamento de mantenimiento es conservar los equipos, servicios, instalaciones y edificaciones, en condiciones tales que las fallas imprevistas sean mínimas y que la economía, seguridad y eficiencia sean máximas, pero para su consecución es necesario cumplir los siguientes objetivos:

- ✦ Maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipos para la producción. Es decir, proporcionar la seguridad de que no existirán paradas durante las operaciones de producción.
- ✦ Mantener el equipo en una condición satisfactoria para lograr seguridad en las operaciones.
- ✦ Mantener el equipo a su máximo de eficiencia de operación.
- ✦ Preservar el valor de las instalaciones, minimizando su deterioro.
- ✦ Reducir al mínimo el tiempo ocioso que resulta de las paradas.
- ✦ Mantener un alto nivel de Ingeniería práctica en la ejecución del trabajo elaborado.
- ✦ Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- ✦ Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
- ✦ Conseguir las metas anteriores de la forma más económica posible.

³ MALDONADO, C. El Mantenimiento Preventivo. Editorial INDEX. Madrid Barcelona 1971. Pág. 15



I.2. Tipos de Mantenimiento

I.2.1. Mantenimiento Preventivo

Puede ser definido como la conservación planeada por personas con experiencia en los sistemas, producto de inspecciones periódicas que den a conocer condiciones defectuosas con el fin de garantizar que la calidad de servicio que éstos proporcionan permanezcan dentro de los límites establecidos, reduciendo al mínimo interrupciones y el deterioro producto de negligencias.

El objetivo básico del mantenimiento preventivo es la planificación de actividades que eviten problemas posteriores a la empresa.

Este se fundamenta en:

- ✦ *Mantenimiento periódico o basado en el tiempo:* Tiene una frecuencia determinada y trata de actividades básicas como inspeccionar, limpiar reponer y restaurar piezas para prevenir averías.
- ✦ *Mantenimiento basado en las condiciones o predictivo:* Se define como la conservación mediante la utilización de equipos de diagnóstico y modernas técnicas de procesamiento de señales que evalúan las condiciones del equipo durante la operación para planificar tareas de mantenimiento.

I.2.2. Mantenimiento Correctivo

Son todas las actividades que no se planean dentro de un sistema, producto de una falla que le impide proporcionar la calidad de servicio esperada y generalmente significan un tiempo de parada de equipos, por lo que hay que considerar la rapidez y la calidad de las mismas. Se pueden clasificar en:



- ✦ *Correctivo de rutina o programable:* Cuando la ejecución del mantenimiento es el resultado de las informaciones dadas por el mantenimiento preventivo, y no produce mayores tiempos de parada al sistema.
- ✦ *Correctivos especiales o de urgencia:* Son todos aquellos que provocan paradas a los sistemas generando falta de disponibilidad de los equipos. Se realizan de forma inmediata dado que un equipo vital que presta un servicio ha dejado de hacerlo e implica costos de parada.

I.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

I.3.1. Origen del Mantenimiento Productivo Total

La tendencia a mejorar la competitividad de las industrias presumirá elevar simultáneamente y al máximo la eficiencia en calidad, tiempo y coste de la producción, lo que conllevará a implementar dentro de las directrices de la alta gerencia, la gestión de equipos y medios de fabricación, que no es más que el grupo de tareas que buscan evitar paradas y defectos, suprimir la necesidad de arreglar constantemente las máquinas y hacer el trabajo fácil y seguro para los operarios, por lo que surge una nueva filosofía de dirección denominada Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance o TPM), fundamentada en esta herramienta.

El TPM, nace en Japón en el seno del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), como el resultado de la evolución de los sistemas de gestión del mantenimiento, a partir de otros que han sido estándares durante muchos años, hacia sistemas más complejos pero altamente eficaces, lo que no implica una abolición de los sistemas tradicionales y conocidos, sino una integración de los mismos con un nuevo enfoque.



Puede decirse que el TPM surge como la adaptación del Mantenimiento Preventivo (PM) norteamericano al entorno industrial de Japón. El sistema norteamericano fue desarrollado en 1951, se basó en la separación de las funciones de producción y mantenimiento además de contemplar un plan de inspección, reposición de piezas y diseño de reparaciones para así evitar fallas graves y controlar el deterioro. El PM demuestra la relación entre la eficacia económica y el mantenimiento. Antes de aplicar el PM se aplicaba un mantenimiento de reparación que solo se ocupaba de reparar averías, se efectuaba cuando se detectaba un fallo.

El PM evolucionó introduciendo conceptos como mantenimiento y métodos de mejora, que promueve modificaciones y procedimientos que disminuyen la frecuencia de ocurrencia de una misma interrupción; inclusión de toda la organización (también la alta gerencia) y la prevención del mantenimiento que actúa en la etapa de diseño, desarrollo y construcción de los equipos y busca reducir al mínimo la necesidad de actividades de mantenimiento y facilidades para la realización de las mismas, lo que sentó las bases del Mantenimiento Productivo.

El Mantenimiento Productivo aparece en los años sesenta, considera además de los preceptos incluidos en el PM, un plan de mantenimiento para toda la vida útil de la máquina sin descuidar la confiabilidad y la mantenibilidad y el principio de mantenimiento de mejora relativa que se enfoca hacia el arreglo de los equipos reduciendo así la aparición de paradas. De esta forma es como ha ido desarrollándose el mantenimiento hasta desembocar en el TPM.



I.3.2. Definición de Mantenimiento Productivo Total

El TPM nace a partir de la implantación de distintas etapas de Mantenimiento: Correctivo, Preventivo y Productivo, en una evolución de la filosofía de mejora continua (kaizen), donde cada fase se ha caracterizado por un enfoque propio que finalmente ha servido de base para la introducción y desarrollo de la siguiente etapa⁴.

En 1971 el Instituto Japonés de Ingeniería de Plantas (JIP) precursor del Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas (JIPM: Japan Institute Plant Maintenance), acuñó el termino TPM, el cual fue definido por el JIPM como: “El Mantenimiento Productivo Total tiene la mirada de maximizar la efectividad del equipo con un sistema total de mantenimiento preventivo que cubra toda la vida del mismo. Involucrando a cada uno en todos los departamentos y en todos los niveles, motiva a el personal para el mantenimiento de la planta a través de grupos pequeños y actividades voluntarias”.

El TPM trae un concepto innovador de gestión de mantenimiento, que contempla que sea llevado a cabo por todos los empleados y a todos los niveles de la organización a través de actividades en pequeños grupos. Este pasa del “Yo opero, tu reparas” impuesto por Taylor a el “yo soy responsable de mi equipo” en lo que se basa el mantenimiento autónomo, herramienta primordial de esta filosofía. Para que éste sea llevado a cabo correctamente es necesario que los operarios se estén capacitados por lo que se requiere formarlos en estas tareas.

⁴ CUATRECASAS, L. TPM Total Productive Maintenance. Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción. Editorial Ediciones Gestión 2000, S. A. Barcelona, 2000. Pág. 24



El resultado de la incorporación de este nuevo enfoque del mantenimiento deberá ser un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos, eliminación de las averías y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo, pero son resultados que no se reflejan de un día para otro.

1.3.3. Objetivos del Mantenimiento Productivo Total

La implementación de esta nueva filosofía de mantenimiento tiene como objetivos:

- Introducción de un sistema eficiente de mantenimiento productivo con participación activa de todo el personal de producción, con el objetivo de mejorar la eficiencia obtenida de forma continua (Kaizen).
- Introducción de un sistema de mantenimiento preventivo efectuado por la aplicación del mantenimiento basado en el tiempo y las condiciones, con el objeto de progresar en el logro de “cero averías”.
- Erradicar las pérdidas de capacidad y rendimiento (en especial las denominadas seis grandes pérdidas), tratando de alcanzar así el objetivo de “cero pérdidas”.
- Obtener la reducción a cero en todos aquellos objetivos para los que resulta deseable y que dependa de la gestión del mantenimiento (cero averías, cero pérdidas, cero defectos, cero accidentes, etc.)
- Obtener mejoras en todos los ámbitos de la compañía, con técnicas y sistemas de gestión en el ámbito del TPM (producción, administración, ventas, finanzas), ya que en todos ellos se trabaja con equipos y sistemas que requieren un mantenimiento.



- ✦ Involucrar a toda la organización empresarial en los objetivos TPM y comprometer a todo el personal en su actuación, incluida la alta dirección⁵.

1.3.4. Las Seis Grandes Pérdidas

Se denomina así a los principales agentes que impiden lograr maximizar la eficiencia global de una máquina, los cuales se agrupan en tres categorías, tomando en cuenta el tipo de pérdidas y efectos que pueden representar en el rendimiento de un sistema productivo, estas son:

- a) Tiempos Muertos o de Vacío: donde entran las pérdidas por:
 - 1. Averías o fallos de equipos, que ocasionan paros del sistema de producción.
 - 2. Tiempo de preparación y de ajuste de los equipos, se para el proceso por preparación de las maquinas o instrumentos necesarios para su funcionamiento.
- b) Pérdidas de Velocidad del Proceso: son ocasionadas por:
 - 3. Funcionamiento a velocidad reducida, se da por una discrepancia entre la velocidad de diseño y la velocidad actual de la máquina según su capacidad.
 - 4. Tiempo en Vacío y Paradas Cortas: la máquina se queda en espera durante un intervalo de tiempo pequeño para continuar o sufre una interrupción corta por algún ajuste.
- c) Productos o Procesos Defectuosos: Dados por:
 - 5. Defectos de calidad y repetición de trabajos, productos con defectos y por consiguiente en el desarrollo de los procesos.

⁵ CUATRECASAS, L. TPM Total Productive Maintenance, Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción. Editorial Ediciones Gestión 2000, S. A. Barcelona, 2000. Pág. 29 y 30.



6. Puesta en marcha, rendimiento bajo desde el arranque de la máquina a la producción estable.

La meta del TPM es reducir o eliminar en la medida de lo posible las seis grandes pérdidas mencionadas.

I.3.5. Mantenimiento Autónomo (MA)

Éste se fundamenta en elevar el conocimiento y entendimiento de los operadores en cuanto al funcionamiento, inspección y medidas preventivas de la máquina que utilizan. El MA considera que el personal de producción se ocupa de actividades de mantenimiento productivo, incluida la limpieza, lubricación, intervenciones menores, cambio de piezas así como tareas del mantenimiento preventivo y como resultado de la inspección del estado de su propio equipo, con lo que se podrá advertir necesidades de posibles mejoras, analizando y remediando problemas del equipo y acciones que conlleven a mantener su óptimo funcionamiento.

El MA persigue los siguientes objetivos:

- ✦ Lograr que el personal de producción y mantenimiento trabaje unido para evitar el deterioro de los equipos y mantenerlos en condiciones de operación correctas.
- ✦ Emplear el equipo como medio para el aprendizaje y adquisición de conocimientos, por lo que los operadores podrán conocer cuáles son los problemas comunes que pueden ocurrir, por qué y cómo pueden ser prevenidos a través de una detección y tratamiento temprano de condiciones anormales.
- ✦ Mejorar la ejecución y funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador, trabajando en conjunto con el personal de mantenimiento y de ingeniería.



- ✦ Mejora de la seguridad y moral en el trabajo y conseguir un total sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador.

El MA se basa en el principio de las 5S, que son términos de origen japonés, inician con la letra S y son primordiales en el desarrollo de las actividades de producción y mantenimiento para obtener la máxima eficiencia. Estos son:

- ✦ SEIRI: Organizar, Clasificar; lo que supone mantener en cada puesto de trabajo únicamente las herramientas necesarias, en la cantidad específica y en el lugar indicado.
- ✦ SEITON: Ordenar eficientemente; una vez en el puesto los elementos necesarios, deben ser colocados de forma que el trabajo se realice fácil y rápidamente y además se encuentren y guarden de la misma forma.
- ✦ SEISO: Limpieza e Inspección; el TPM considera que la limpieza es inspección, ya que la limpieza de los equipos y área de trabajo, permite realizar una correcta inspección que permitirá detectar problemas o posibles fallas. La limpieza buscará a su vez eliminar los focos de suciedad por los que se limpia más de lo debido.
- ✦ SEIKETSU: Estandarización; supone un método sistemático para la realización de una tarea o procedimiento, por lo que en el mantenimiento autónomo será de gran ayuda porque permite que cualquier persona pueda realizar una determinada tarea operativa.
- ✦ SHITSUKE: Cumplimiento o Disciplina; una vez determinados qué, cómo y dónde deben estar ubicadas las herramientas (organización y orden), y la limpieza e inspección a realizar mediante un método estandarizado, es necesario asegurar que todo se lleve a cabo como se ha establecido. Para ello se necesitara de disciplina, por lo que de esta S depende que las otras cuatro (4) se desarrollen de forma efectiva.



II. LA EMPRESA

II.1. Descripción de la Empresa

El trabajo que se presenta a continuación fue realizado en la empresa Eveready de Venezuela C.A., razón social con la que opera en Venezuela, específicamente en la planta de productos de afeitado Schick Wilkinson Sword para Latinoamérica, ubicada en Guatire, Estado Miranda.

Schick Wilkinson Sword (SWS) es una unidad de negocio de la compañía Energizer Battery Inc., la cual se dedica a la fabricación, empaque y distribución de productos de afeitado, baterías y linternas, de alta calidad a nivel global.

La Planta SWS Guatire posee:

- Certificación ISO 9001:2000 en 2003
 - Desarrollo e implementación del Sistema de Gestión de la Calidad.
 - Desarrollo e implementación del programa Certificación de Proveedores.
- Certificación ISO 14001:2002 en 2003
 - Desarrollo e implementación del Sistema de Gestión Ambiental
- Desempeño demostrado en MRP II Clase A en QIII 2003
- Certificación en MRP II Clase A en QIV 2003

II.2. Reseña Histórica

La historia de Schick comienza en 1921, cuando el Coronel Jacob Schick inventa un tipo de navaja de afeitar llamada “navaja repetidora”, que inspirada por el rifle repetidor, contenía hojas de afeitar de reemplazo guardadas en el asa, la cual estaba lista para ser alimentada, sin peligro de cortadura por manipulación de las hojas afiladas. Para 1926, Schick comenzó la producción de dicha navaja en la ciudad de Jersey, Estados Unidos, siendo un producto muy exitoso con su afeitado en seco. Para 1956 desarrolló la primera hojilla doble filo de acero inoxidable, producto que aún



se mantiene vigente. Para 1961, tras algunas altibajas económicas, la empresa trasladó sus operaciones a la ciudad de Milford, Conneticut, siendo hoy la casa matriz del grupo de productos de afeitado.

En el año 1963, Schick fue el primer fabricante americano en vender hojas de acero cubiertas de teflón. Este material mejoró el confort, reduciendo la fricción durante el afeitado. En 1967 la empresa comienza sus operaciones de manufactura en Venezuela, convirtiéndose en el único suplidor de productos Schick para Latinoamérica.

En 1970, la empresa fue adquirida por el grupo Warner Lambert y en 1998 Schick adquiere Wilkinson Sword, empresa líder en el mercado de afeitadoras en Europa y forman Schick Wilkinson Sword, hoy en día siguen comercializando sus productos en Europa bajo esta marca. En año 2000, es adquirida por el grupo farmacéutico Pfizer como parte de la adquisición de Warner Lambert y, desde el 2003, Schick pertenece a Energizer Battery Inc.

II.3. Familia de productos

Actualmente en la planta de Guatire se manufacturan los siguientes productos:

- Empaque de Hojillas Doble Filo: en sus presentaciones Súper Chromium y Súper Ras.
- Máquinas Desechables:
 - Ultrabarba: en sus presentaciones de piel normal y piel sensible.
 - Exacta II: en sus presentaciones de piel normal, piel seca, piel sensible y piel delicada.
- Máquinas Xtreme: en sus presentaciones de p/normal, p/seca, p/sensible y p/delicada.
- Súper Sistemas: incluye las presentaciones de afeitadoras recargables Lady Protector, Protector 3D Diamond, Fx Diamond, Xtreme System y Quatro



Figura 1.1. Algunos productos del catálogo Schick Wilkinson Sword

II.4. Procesos Productivos

A continuación se muestra el proceso productivo de los productos observados en el período de estudio.

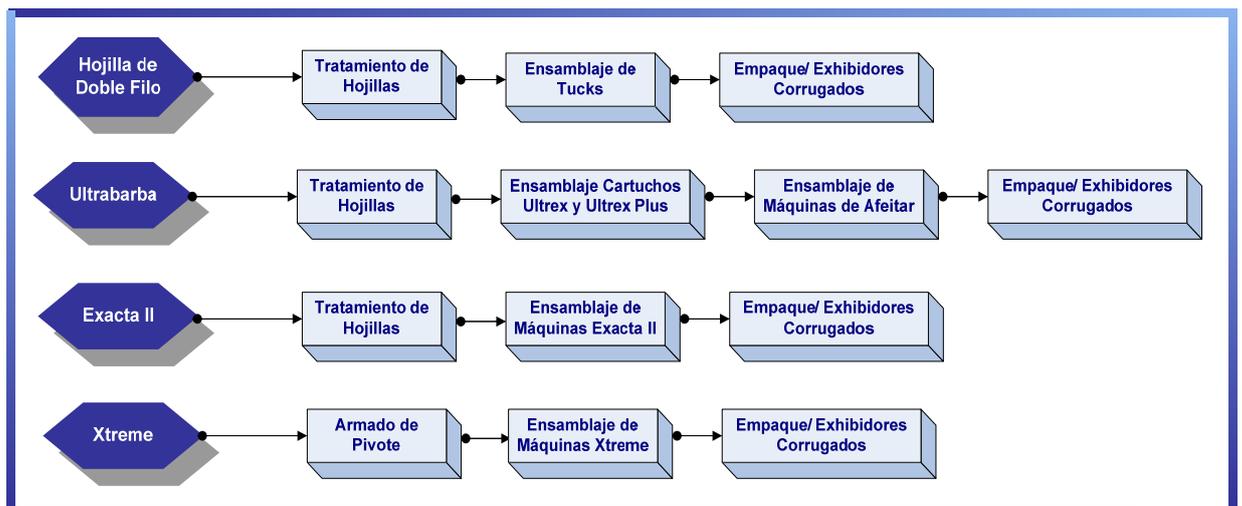


Figura 1.2. Etapas del proceso productivo por familia de productos



II.5. Estructura Organizacional

La planta SWS Guatire opera con un total de 226 trabajadores de mano de obra directa, quienes manejan directamente el proceso de producción de afeitadoras y tratamiento de hojillas. Se destaca que aproximadamente el 82% de este personal es femenino. Este personal es el encargado de manipular los suministros en planta, operación de las máquinas, tratamiento de hojillas, armado de exhibidores y empaques, etc. Se trabaja en jornadas rotativas de 7,5 horas más media hora de descanso, lo que permite tener la planta operativa las 24 horas del día, los 7 días a la semana.

Las operaciones administrativas que se llevan a cabo en la planta Schick Guatire están a cargo de 65 personas. A continuación se presenta la estructura de la organización:

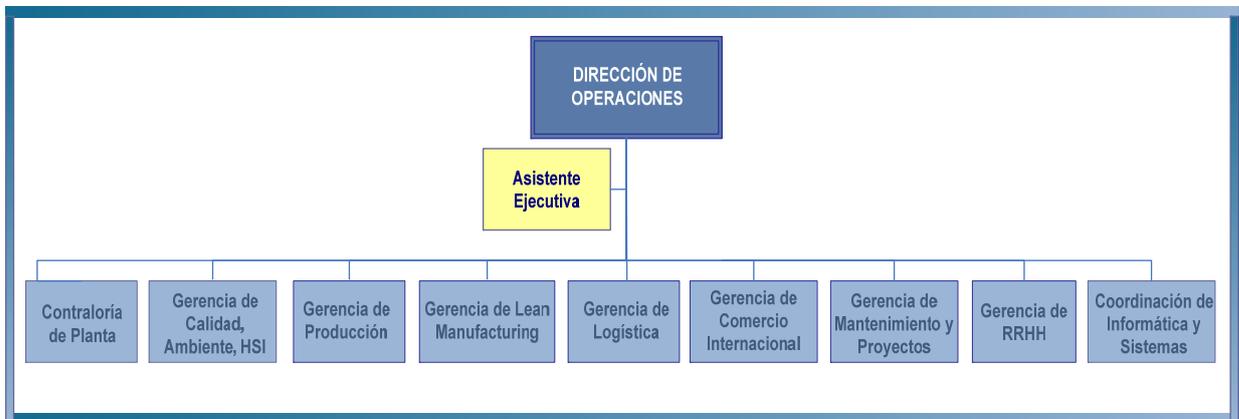


Figura 1.3. Organigrama de Planta Shick Wilkinson Sword para Latinoamérica

III. EL PROBLEMA

III.1. Planteamiento del Problema

SCHICK Wilkinson Sword (SWS), Guatire, es una empresa dedicada al ensamblaje y empaque de hojillas para afeitarse, en los segmentos de máquinas desechables, sistemas permanentes y hojillas doble filo.

En la actualidad, la planta funciona con aproximadamente 320 personas, de las cuales un 80% pertenece a la mano de obra directa (MOD) y un 20% viene a formar parte de la mano de obra indirecta (MOI).

La empresa posee una Gerencia General de Mantenimiento que se subdivide en tres áreas: empaque, ensamblaje/servicios generales, y electricista, cada una de las cuales cuenta con un maestro mecánico y ellas efectúan labores tanto de mantenimiento preventivo como correctivo en los equipos de producción y servicio a fin de mantener la integridad de los mismos y cumplir con los requerimientos de producción.

La planta cuenta con una mano de obra indirecta adscrita al Dpto. de Mantenimiento, estructurada de la siguiente forma:

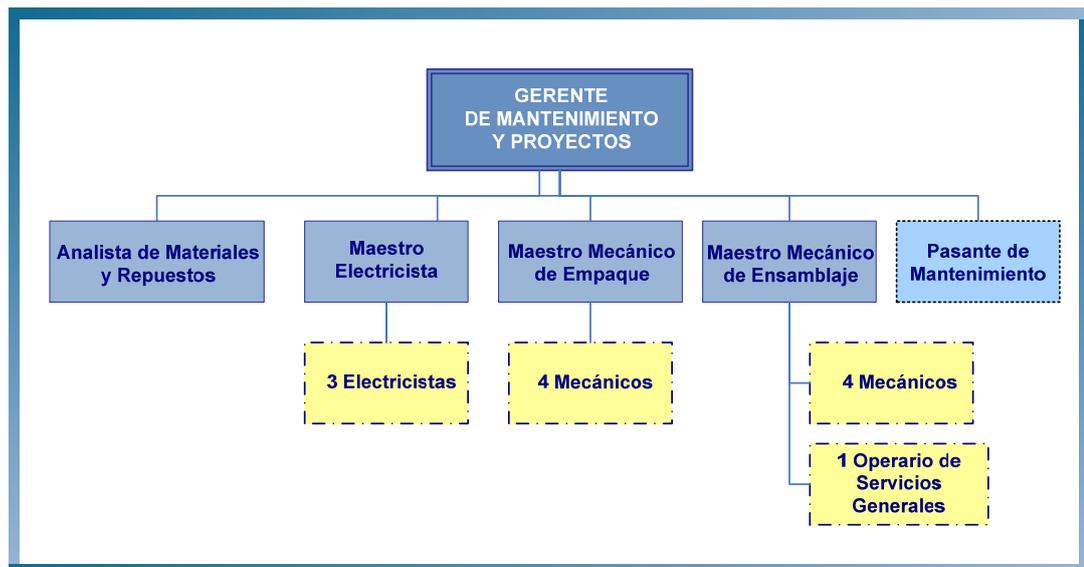


Figura 1.4. Organigrama del personal adscrito al Departamento de Mantenimiento



En los últimos meses, la producción de la planta se ha incrementado, por lo que se han visto en la necesidad de implementar un sistema de jornadas rotativas comprendido por 4 turnos (24 horas de producción, 7 días de la semana), sustituyendo el que habían empleando de 3 turnos (24 de horas de producción, 5 días a la semana), lo cual se ilustra a continuación:

PERSONAL POR TURNO				
	Mecánico de Ensamblaje	Mecánico de Empaque	Mecánico Electricista	
Turno 1	1	1	1	
Turno 2	1	1	1	
Turno 3	1	1	1	
Total Personal	3	3	3	9

Tabla 1.1: Situación de trabajo con 3 turnos

PERSONAL POR TURNO				
	Mecánico de Ensamblaje	Mecánico de Empaque	Mecánico Electricista	
Turno 1	1	0	1	
Turno 2	1	1	1	
Turno 3	1	1	1	
Turno 4	1	0	0	
Total Personal	4	2	3	9

Tabla 1.2: Situación actual de trabajo con 4 turnos

La empresa desea cumplir las actividades de mantenimiento en los 4 turnos de trabajo sin incrementar el número de personas dedicadas a dicha actividad (9), para ello ha decidido diseñar y poner en marcha un *sistema de mantenimiento productivo total* (TPM) que permita optimizar y centralizar labores específicas del personal de mantenimiento (MOI) y aprovechar al máximo la disponibilidad de mano de obra directa.

Se aplicará el mantenimiento productivo total (TPM) a las máquinas del área de producción de empaque y ensamblaje, estudiando una por tipo de máquina (I, II, III, IV, V), dado que las demás se rigen bajo el mismo



principio de operación, siendo en total (10) máquinas a estudiar y se describen en la tabla siguiente:

	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	
ÁREA DE EMPAQUE	Alloyd Rotary A Alloyd Rotary B Alloyd Rotary G	Alloyd Inline D Alloyd Inline F	Alloyd Carrusel C Alloyd Carrusel E	3 New long 2 Bagger	3 Ensobradoras 3 Encartonadoras	
TOTAL EMPAQUE	1	1	1	2	2	7
ÁREA DE ENSAMBLAJE	Ensambladora ST # 1 Ensambladora ST # 2 Ensambladora ST # 3 Ensambladora ST # 4	Automática # 3 Automática # 4 Automática # 5	ADL # 3 ADL # 4 ADL # 5			
TOTAL ENSAMBLAJE	1	1	1			3

10

Tabla 1.3: Total de máquinas en el área de producción

III.2. Objetivos

III.2.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) en fase inicial, para máquinas y equipos empleados en los procesos de producción y servicio de una empresa manufacturera de hojillas para afeitar.

III.2.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del departamento de mantenimiento de la empresa.
- Diseñar un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de ensamblaje y empaque de la planta.
- Elaborar los procedimientos de las actividades de mantenimiento asociados a TPM a ser llevadas en práctica por operadores y operarios.



- Entrenar al personal relacionado con los procedimientos implementados.
- Programar y diseñar rutinas de inspección a equipos.
- Establecer indicadores que permitan realizar el seguimiento de mantenimiento.

III.2.3. Alcance y limitaciones

Este estudio estará dirigido hacia los procesos de manufactura, específicamente al área de ensamblaje y empaque, y la decisión de los problemas a resolver será tomada por la empresa.

Las directrices de trabajo serán dadas por la directiva de la empresa en base a sus necesidades.

Como herramientas serán empleados los softwares de MP, Visio y Microsoft Office Project y, como apoyo para el desarrollo de los procedimientos, se utilizarán las normas ISO vigentes y la metodología TPM.

El trabajo especial de grado estará delimitado a la gerencia de mantenimiento de la compañía SCHICK Wilkinson Sword (SWS) y no será presentada de manera explícita aquella información que la compañía considere confidencial.

El desarrollo del estudio dependerá de la disposición de inversión que la empresa estime conveniente al momento de llevar a cabo las mejoras propuestas, así como de la actitud hacia el cambio que presente el personal involucrado en la ejecución de los diferentes proyectos que se desarrollen.

El trabajo de grado no contempla la implementación de las mejoras propuestas como tampoco la de los diferentes indicadores.



IV. METODOLOGÍA

IV.1. Diseño de la Investigación

Una vez planteados y delimitados los objetivos, se elabora la estrategia esquematizada y explicativa, que guíe la investigación, el proceso de recolección de la información, así como el análisis de los datos recopilados.

Según Balestrini (2002), un diseño de investigación puede ser definido como:

“...el plan global de investigación que integra de un modo coherente y adecuadamente correcto técnica de recogida de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos...” (pp.131).

IV.1.1. Investigación de Campo

En el marco de la investigación planteada, referida al Plan de Mantenimiento para las máquinas de ensamblaje y empaque de una empresa manufacturera de hojillas de afeitar, se define una investigación de campo, la cual, según Balestrini (2002):

“...es el tipo de investigación que permite establecer una interacción entre los objetivos y la realidad de la situación de campo; observar y recolectar los datos directamente de la realidad de la situación de campo; observar y recolectar los datos directamente de la realidad, en sus situación natural; profundizar en la comprensión de los hallazgos encontrados con la aplicación de los instrumentos; y proporcionarle al investigador una lectura de la realidad objeto de estudio más rica en cuanto al conocimiento de la misma, para plantear hipótesis futuras en otros niveles de la investigación.” (pp. 132).

Sin embargo, es posible situar dentro de los diseños de campo una clasificación de diseños no experimentales, el cual, según Sampieri (1991):

“...es un tipo de investigación donde se observan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos...” (pp. 189).

IV.1.2. Investigación Bibliográfica

Según Balestrini (2002), la investigación bibliográfica que consiste en:



“...la obtención de datos a partir de la aplicación de técnicas documentales, en los informes de otras investigaciones donde se recolectaron esos datos, y/o a través de las diversas fuentes documentales.” (pp. 132).

IV.2. Tipo de Investigación

IV.2.1. Aplicada

En este tipo de estudio requiere de una investigación aplicada, por ser la que tiene una clara orientación hacia la generación de soluciones de una diversidad de problemas enfrentados por organizaciones de índole pública, privada, de la sociedad y de sectores productivos. El presente trabajo de grado está vinculado a una empresa del sector productivo.

IV.2.2. Cuantitativa

La investigación está orientada a establecer medidas y propuestas de mejores basándose en los resultados de datos sólidos de variables incidentes en el proceso productivo, por ende, es necesaria una investigación cuantitativa.

IV.3. Etapas de la Investigación

IV.3.1. Levantamiento de la Información

Se comenzó por recolectar toda aquella información referida a la empresa, tal como: reseña histórica, familia de productos, procesos productivos, maquinaria empleada y estructura organizacional, para la familiarización con la misma. Igualmente se recogió la información relacionada al funcionamiento y mantenimiento de las máquinas de ensamblaje y empaque, además del manejo y control de las actividades de mantenimiento.



IV.3.1.1 Técnicas de Recolección de Datos

La recolección de datos en las diversas fases de la investigación es el modo práctico de recopilar la data necesaria para llevar a cabo el estudio pertinente.

1.1.1. Revisión Bibliográfica: Se procedió a observar las máquinas para conocer sus principios básicos de funcionamiento y mantenimiento, seguidamente se revisaron algunas instrucciones de trabajo que se encontraban documentadas, registros de tareas de mantenimiento realizadas a los equipos en el sistema de mantenimiento de la empresa (MP) e informes técnicos que describieran la situación relacionada con estos equipos. La información referente a la empresa se obtuvo de documentos de la gerencia mantenimiento y proyectos.

1.1.2. Entrevistas: Consistió en la formulación de una encuesta regida por la Norma Covenin 2500-93, recomendada por dos profesores de la Universidad Católica Andrés Bello (U.C.A.B), dirigida al gerente de mantenimiento y proyectos, los maestros mecánicos y así como al maestro electricista, a fin de conocer las condiciones de las máquinas de empaque y ensamblaje y la condición o actitud de la empresa en lo que al área de mantenimiento se refiere. En el Anexo 1 se muestra el diagrama causa efecto de dicha encuesta.

1.1.3. Observación Directa: En varias oportunidades se estuvo presente en la solución de fallas en las máquinas de ensamblaje y empaque, a fin de obtener un conocimiento empírico que, aunado a los conocimientos teóricos, sirvan de base a la investigación.

IV.3.2. Registro y Análisis de la Información

Una vez recolectada toda la información referente al funcionamiento y mantenimiento de las máquinas de ensamblaje y empaque del proceso se procedió a clasificar y documentar la data para su posterior análisis, utilizando las siguientes herramientas:



- **Tablas:** Herramienta empleada para registrar la información recopilada para su posterior análisis.
- **Gráficos:** Instrumento usado para mostrar de forma simple el comportamiento en cuanto a las fallas de los equipos en el período de estudio.
- **Layout de Máquinas:** Mapas de las máquinas de ensamblaje, realizados para actualizar la información correspondiente a las partes eléctricas que la conforman, de manera clara y comprensible por cualquier persona. Estos mapas fueron empleados como herramienta de instrucción en los entrenamientos de los operadores, y son mostrados en los Anexos 2 y 3.

IV.3.3. Diagnóstico de la Situación Actual

Una vez obtenida y organizada toda la información necesaria referente a las máquinas del proceso, se procedió a evaluar los diferentes aspectos en donde se identificaron posibles fallas.

Las herramientas aplicadas para el análisis de la situación actual y las propuestas a éstos fueron los indicadores de TPM. Éstos permiten determinar el comportamiento de los equipos para un determinado período.

IV.3.4. Desarrollo de la Propuesta

En esta fase es donde se presenta la propuesta de un sistema de mantenimiento para las máquinas del proceso, sobre la base de los conceptos de Mantenimiento Productivo Total, explicados en el marco teórico del presente trabajo de grado, además de los puntos críticos o fallas encontrados en el diagnóstico. La propuesta es planteada en dos partes según las áreas estudiadas, como son ensamblaje y empaque. En esta fase se presentan los formatos realizados para documentar la información sobre tiempos de fallas, así como las mejoras en tiempos de cambios de presentación (tooling).

IV.3.5. Análisis Económico de la Propuesta

En esta etapa se evaluó la factibilidad económica de ambas propuesta (para el área de ensamblaje y el área de empaque), y se comparó el costo de la propuesta respecto al beneficio generado.

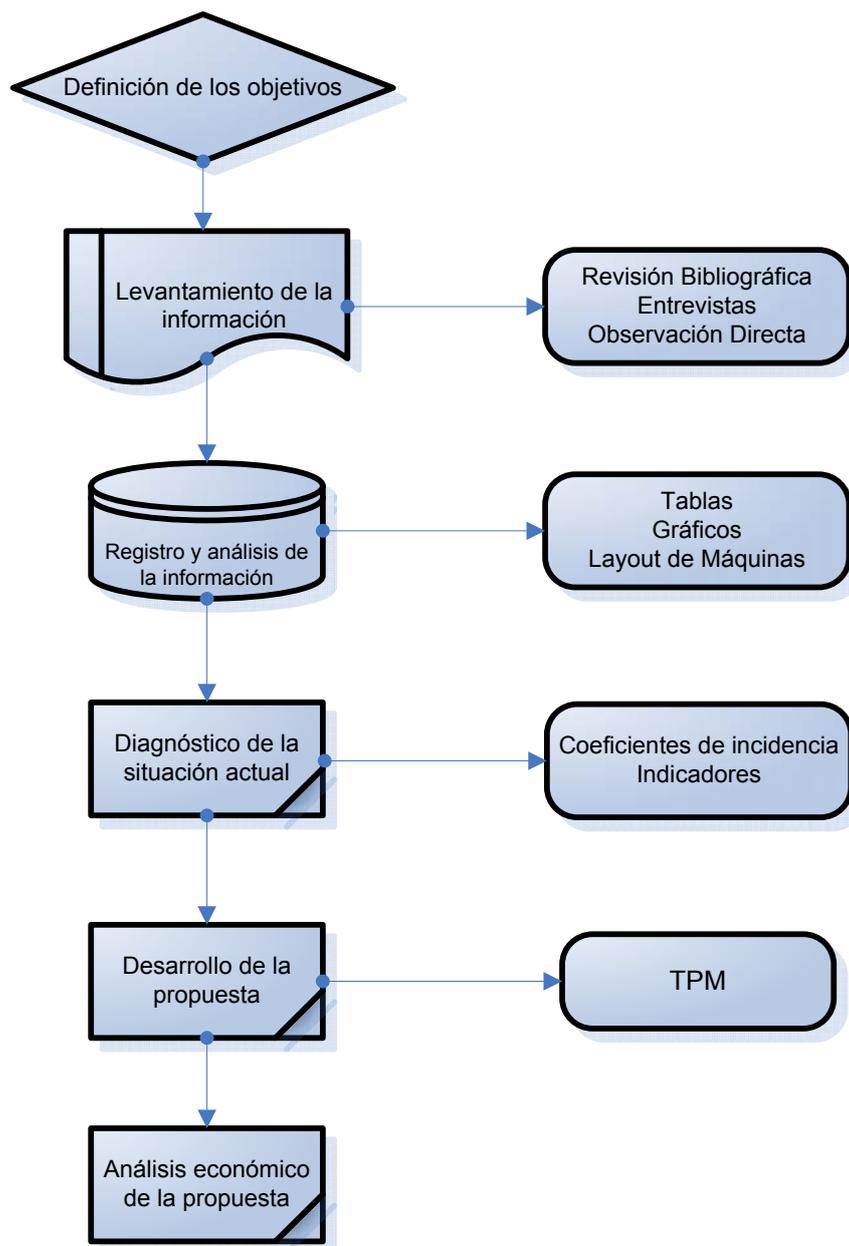


Figura 1.5. Procedimiento a ejecutar en la investigación

V. DIAGNÓSTICO

V.1. Premisas

Para realizar el diagnóstico del funcionamiento de las máquinas de ensamblaje y empaque de la Planta Schick Wilkinson Sword Caracas, se examinaron los archivos existentes de fallas de la empresa, encontrándose que desde el mes de febrero se comenzó a utilizar como indicador de eficiencia el *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) o Tasa de Rendimiento Operativo de la Máquina, que es análogo al de Eficiencia Global (EG) recomendado por el TPM.

El OEE mide la eficiencia de las máquinas basándose en tres variables fundamentales, a saber:

$$OEE = D \times E \times C \quad (1)$$

donde: D = Disponibilidad

E = Eficiencia

C = Coeficiente de Calidad



Figura 1.6. Variables que intervienen en el cálculo del OEE

De estas variables, la disponibilidad se relaciona directamente con el área de mantenimiento, y está determinada según la ecuación:

$$D = (TT - PP - (PNP)) / (TT - PP) \quad (2)$$

donde: TT = Tiempo Total

PP = Paradas Planificadas

PNP = Paradas No Planificadas

El OEE encontrado se evalúa mensualmente a fin de establecer objetivos que permitan aumentar y optimizar la capacidad de los equipos en planta. Sin embargo, en varias oportunidades, esta capacidad no mejora a pesar de llevar a cabo las propuestas planteadas.

El rendimiento de un equipo y el nivel de pérdidas que su utilización envuelve, depende de una gran serie de factores, los cuales denominaremos particulares y, en general, pueden medirse cuantitativamente, y su consideración y ponderación ayudan a introducir mejoras que permitan eliminar pérdidas concretas, o cuando menos reducirlas.

Estos factores que inciden sobre el porcentaje de eficiencia del OEE, dependerán del tipo de pérdidas asociadas a cada una de sus variables, tal como se muestra:

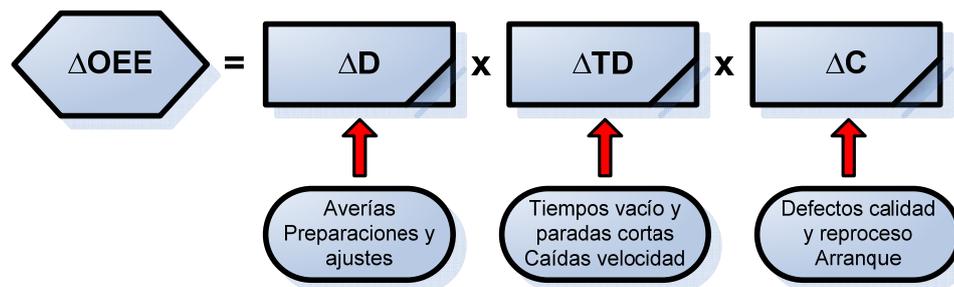


Figura 1.7. Eficiencia Global y factores que influyen en ella

Por tal razón, fue necesario formular indicadores para el análisis de los factores relacionados con las pérdidas por averías y pérdidas por preparaciones y ajustes, para incrementar así la disponibilidad de los equipos.

Los indicadores recomendados para este tipo de casos son los siguientes:



1. Duración y frecuencia debidos a preparaciones y ajustes
 - Tiempo medio entre preparaciones (TMP).
 - Frecuencia de preparaciones (FP).
 - Tiempo medio por preparación (TMPR).
 - Tasa de preparaciones (TPR).
 - Pérdidas de eficiencia por preparaciones (IP).
 - Tasa provisional de preparaciones (TPPR).
 - Tasa provisional de tiempo de preparaciones (TPT).
 - Mejora de tiempo de preparaciones (MT).
2. Importancia y frecuencia de las averías y fallos en general
 - Tiempo medio entre fallos (MTBF).
 - Tiempo medio perdido por fallo (TMPF).
 - Tiempo medio de reparación (MTTR).
 - Tasa de averías (TA).
 - Ineficiencia por averías (IA).
 - Tasa provisional de fallos (TPF).
 - Tasa provisional de tiempo (TPT).
 - Mejora de fallos (MF).
 - Mejora de tiempo (MT).

El mecanismo de cálculo de los diferentes indicadores (fórmulas y pasos para la obtención de los resultados) se muestra en el Anexo 4.

V.2. Diagnóstico General

Para la realización del diagnóstico, se definió en primera instancia el área que representa el cuello de botella del sistema, analizando la data existente de los tres meses del OEE. Se obtuvo que el área de ensamblaje es el área crítica del proceso productivo, como se observa en la siguiente tabla:



Área	Meses			Promedio
	Febrero	Marzo	Abril	
Empaque	93%	94%	95%	94%
Ensamblaje	80%	76%	78%	78%

Tabla 1.4: Disponibilidad del área de empaque y ensamblaje en el período de estudio

En base a los resultados obtenidos, se procedió a analizar primero el funcionamiento del área de ensamblaje y posteriormente el área de empaque.

V.2.1. Máquinas del Área de Ensamblaje

En esta área se lleva a cabo el ensamblaje de cada parte de la afeitadora correspondiente a la producción programada.

Como se señaló en el planteamiento del problema, para la realización del diagnóstico de estas máquinas, se tomó en consideración una máquina por tipo, es decir, una máquina ensambladora ST y una máquina automática (el ADL forma parte de la máquina automática).

V.2.1.1 Ensambladoras ST

Las pérdidas consideradas para el análisis fueron las pérdidas por averías y fallos en general ya que, las de preparaciones y ajuste, representan el 5% del porcentaje de paradas total de la máquina.

Este diagnóstico se hizo mediante el análisis de la data recopilada por la empresa en el período de febrero - abril del corriente año, referida a la ecuación (2) citada en las premisas. Esta información fue determinada considerando las averías acaecidas en dicho período.

Las máquinas ST operan durante las 24 horas del día, los 7 días de la semana, según los parámetros indicados por producción, y en ellas se producen únicamente las máquinas desechables de Exacta II, en sus cuatro presentaciones (piel normal, piel sensible, piel seca y piel delicada).



Máquina	Meses		
	Febrero	Marzo	Abril
ST 1	86%	76%	83%
ST 2	88%	84%	78%
ST 3	82%	76%	62%
ST 4	65%	72%	78%
Promedio	80%	77%	75%

Tabla 1.5: Índice de disponibilidad de las ST en el período de estudio

Se tomó el mes de abril como período de estudio por presentar un menor porcentaje de disponibilidad de los tres meses analizados. En la tabla 1.6 se muestran tanto las horas programadas como las horas por fallas de las cuatro máquinas:

MES DE ABRIL				
Equipo	Hrs. Programadas Promedio	Fallas Eléctricas Promedio (Hrs.)	Fallas Mecánicas Promedio (Hrs.)	Fallas de Material Promedio (Hrs.)
ST 1	20,03	0,72	1,48	0,18
ST 2	21,72	1,07	1,30	0,24
ST 3	20,87	3,56	5,45	0,00
ST 4	20,47	3,67	0,86	0,02
TOTAL	83,31	13,92	6,21	0,44

Tabla 1.6: Datos de operación de las máquinas ST en el mes de abril

Para la realización del diagnóstico, se realizó un primer análisis de sensibilidad bajo cuatro escenarios:

1. Disponibilidad abarcando todo tipo de fallas;
2. Disponibilidad sin considerar fallas eléctricas;
3. Disponibilidad sin fallas mecánicas;
4. Disponibilidad sin fallas por material.



MES DE ABRIL								
Equipo	Disponibilidad Real Escenario 1		Disponibilidad Escenario 2		Disponibilidad Escenario 3		Disponibilidad Escenario 4	
	Horas	%	Horas	%	Horas	%	Horas	%
ST 1	16,85	0,83	19,08	0,94	17,85	0,88	17,03	0,84
ST 2	17,04	0,78	20,33	0,94	18,19	0,84	17,28	0,80
ST 3	12,94	0,62	17,67	0,85	16,14	0,77	12,94	0,62
ST 4	15,92	0,78	19,59	0,96	16,78	0,82	15,94	0,78
TOTAL	62,74	Prom = 0,75	76,66	Prom = 0,92	68,95	Prom = 0,83	63,18	Prom = 0,76

Tabla 1.7: Escenarios del índice de disponibilidad en las máquinas ST

Al analizar el Diagrama de Pareto de la Figura 1.8, se observa que las fallas eléctricas y mecánicas ejercen mayor peso (en horas) sobre la disponibilidad, pero solo serán consideradas las fallas eléctricas por representar casi el 70% del tiempo de paradas. Este diagrama se construyó con los datos promedios de horas de fallas eléctricas, mecánicas y de material mostrados en la tabla 1.6.

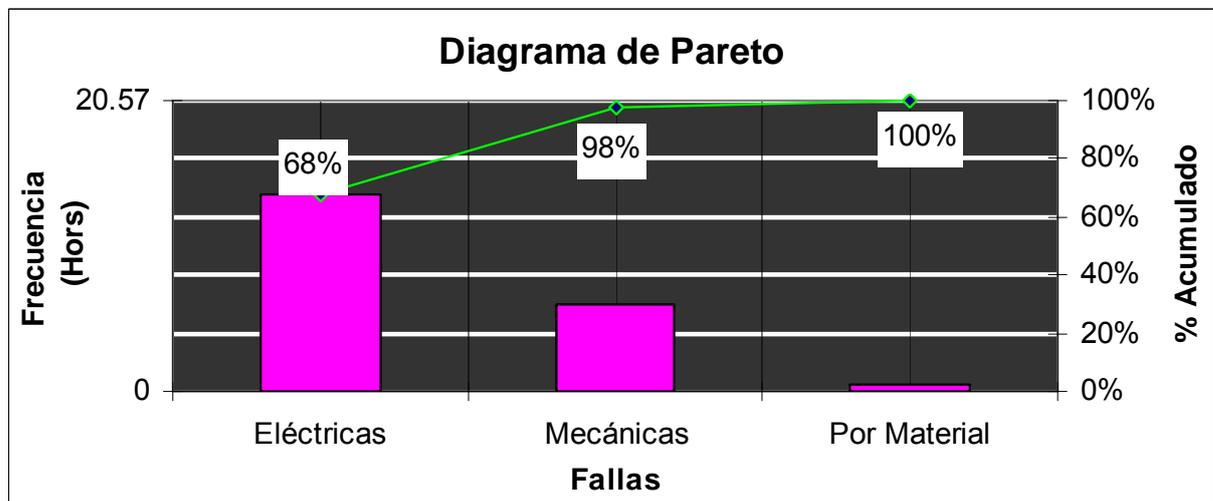


Figura 1.8. Variables vitales que inciden sobre la disponibilidad en las máquinas ST

Con los datos arrojados en la tabla 1.7, se realizó un segundo análisis de sensibilidad, modificando el total de horas de las variables eléctricas, mecánicas y de material, en un 10%, y observando la influencia sobre el

porcentaje de disponibilidad. En el siguiente gráfico se muestran los resultados de dicho análisis:

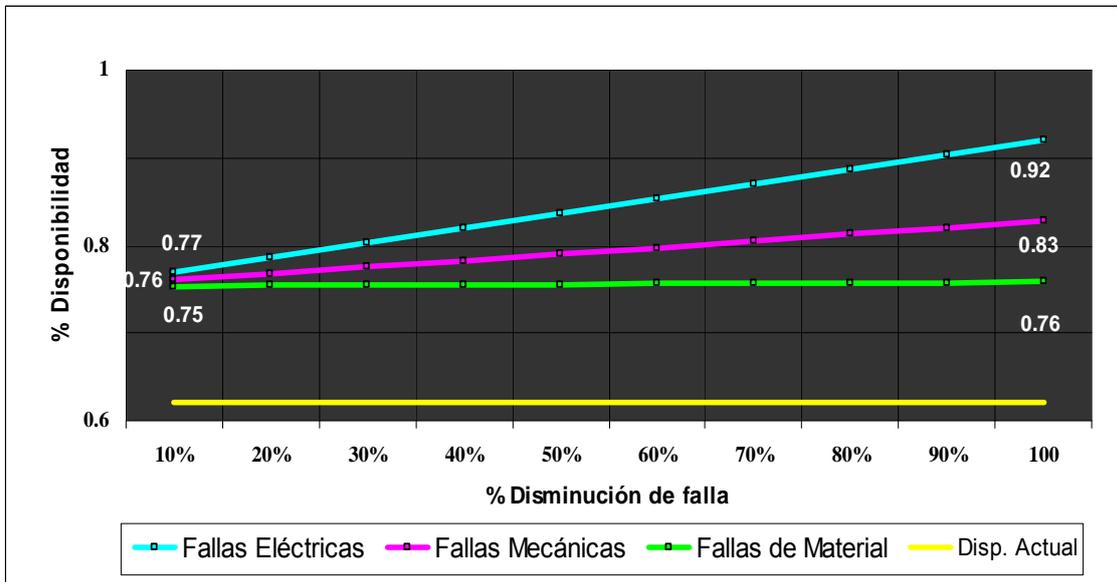


Figura 1.9. Análisis de sensibilidad de las variables de la disponibilidad en las máquinas ST

Se puede apreciar una vez más, que las fallas eléctricas son las que tienen una mayor incidencia sobre el porcentaje de disponibilidad, por ende, se deben eliminar o cuando menos reducir en primera instancia.

Se realizó un segundo análisis de Pareto para determinar las averías de mayor importancia en la parte eléctrica durante el mes de estudio, cuyos resultados se muestran a continuación:

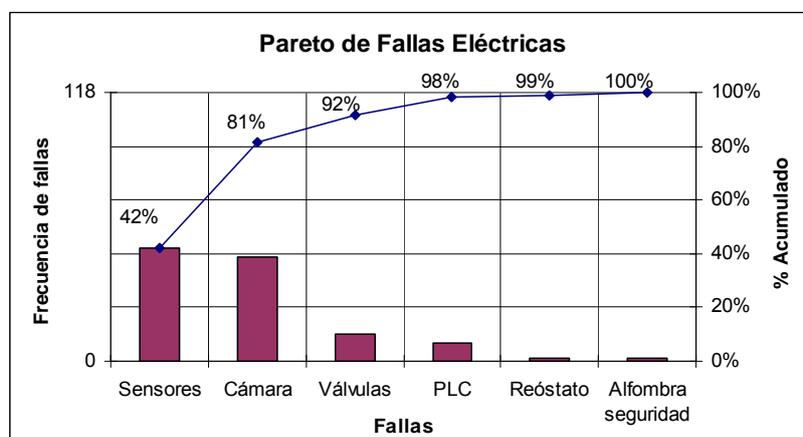


Figura 1.10. Fallas eléctricas representativas en las máquinas ST



Se apreció que las fallas eléctricas representativas están referidas a los sensores y la cámara de inspección de la máquina.

El análisis de fallas eléctricas se llevó a cabo con los datos de la ensambladora ST 3, por ser la que arrojó mayor proporción de fallas eléctricas, y cuyas propuestas de mejoras pueden ser aplicadas por igual a todas las máquinas ST.

V.2.1.2 Automáticas

Al igual que en la máquinas ST, en las automáticas se consideraron las pérdidas por averías y fallos en general, ya que las de preparaciones y ajuste, representan el 8% del porcentaje de paradas total de la máquina.

El diagnóstico de estas máquinas fue realizado bajo las mismas premisas que el de las ST.

Estos equipos operan las 24 horas del día, los 7 días de la semana, según los parámetros indicados por producción, y en ellas se lleva a cabo la producción de Cartuchos Ultrex solamente.

Máquina	Meses		
	Febrero	Marzo	Abril
Automática 1	89%	82%	71%
Automática 3	71%	92%	69%
Automática 4	85%	83%	73%
Automática 5	77%	88%	81%
Promedio	80%	86%	74%

Tabla 1.8: Índice de disponibilidad de las automáticas en el período de estudio

Se tomó el mes de abril como período de estudio por presentar un menor porcentaje de disponibilidad de los tres meses analizados. En la tabla 1.9 se muestran tanto las horas programadas como las horas de fallas de las cuatro máquinas:



MES DE ABRIL

Equipo	Hrs. Programadas Promedio	Fallas Eléctricas Promedio (Hrs.)	Fallas Mecánicas Promedio (Hrs.)	Fallas de Material Promedio (Hrs.)
Auto 1	21,70	2,59	0,11	1,42
Auto 3	16,05	1,22	1,18	2,52
Auto 4	19,81	3,04	0,45	2,85
Auto 5	12,95	0,79	0,31	0,12
TOTAL	70,51	7,64	2,04	6,90

Tabla 1.9: Datos de operación de las automáticas en el mes de abril

Para la realización del diagnóstico, se realizó un primer análisis de sensibilidad bajo cuatro escenarios:

1. Disponibilidad abarcando todo tipo de fallas;
2. Disponibilidad sin considerar fallas eléctricas;
3. Disponibilidad sin fallas mecánicas;
4. Disponibilidad sin fallas por material;

MES DE ABRIL

Equipo	Disponibilidad Real Escenario 1		Disponibilidad Escenario 2		Disponibilidad Escenario 3		Disponibilidad Escenario 4	
	Horas	%	Horas	%	Horas	%	Horas	%
Automática 1	17,58	0,81	20,17	0,93	17,69	0,82	19,00	0,88
Automática 3	11,13	0,69	12,35	0,77	12,32	0,77	13,65	0,85
Automática 4	13,47	0,68	16,51	0,83	13,92	0,70	16,32	0,82
Automática 5	11,73	0,91	12,53	0,97	12,04	0,93	11,85	0,92
TOTAL	53,92	Prom = 0,77	61,56	Prom = 0,87	55,97	Prom = 0,79	60,83	Prom = 0,86

Tabla 1.10: Escenarios del índice de disponibilidad en las automáticas

Analizando el Diagrama de Pareto de la Figura 1.11, se observa que las fallas eléctricas y las de material ejercen mayor peso (en horas) sobre la disponibilidad, pero solo serán estudiadas las eléctricas dado que las fallas de material escapan del alcance del área de mantenimiento. Para la construcción de este diagrama, se usaron los promedios de horas de fallas eléctricas, mecánicas y de material mostrados en la tabla 1.9.

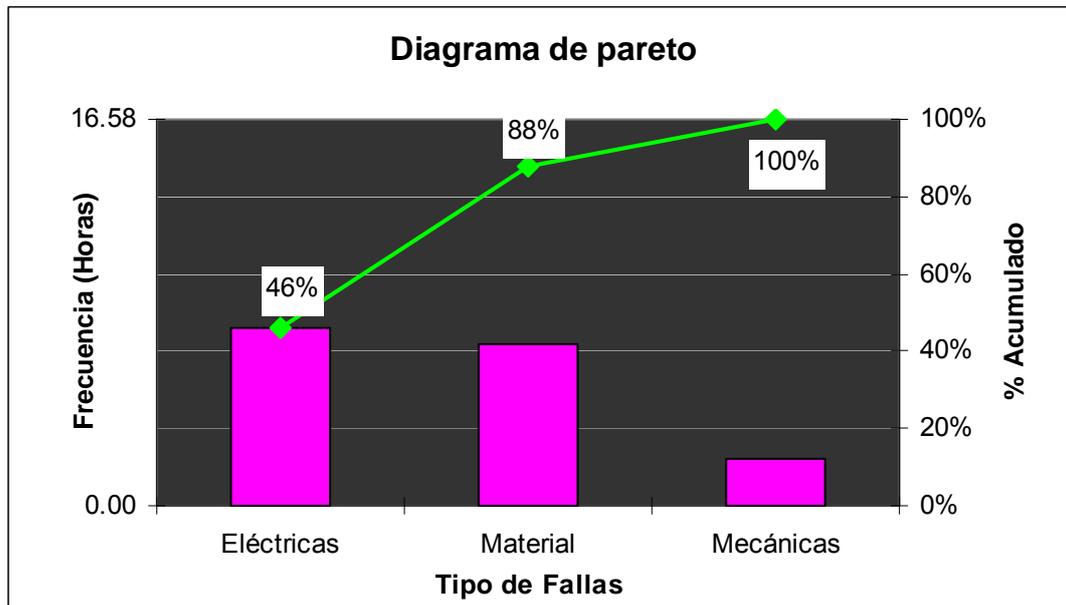


Figura 1.11. Variables vitales que inciden sobre la disponibilidad en las máquinas Automáticas

El análisis de fallas eléctricas se llevó a cabo con los datos de la automática 4, por ser la que arrojó mayor proporción de fallas eléctricas, y cuyas propuestas de mejoras pueden ser aplicadas por igual a todas las máquinas ST.

Con los datos arrojados de la tabla 1.10, se procedió a realizar un segundo análisis de sensibilidad, modificando el total de horas de las variables eléctricas, mecánicas y de material, en un 10%, y observando influencia sobre el porcentaje de disponibilidad y los resultados se muestran a continuación:

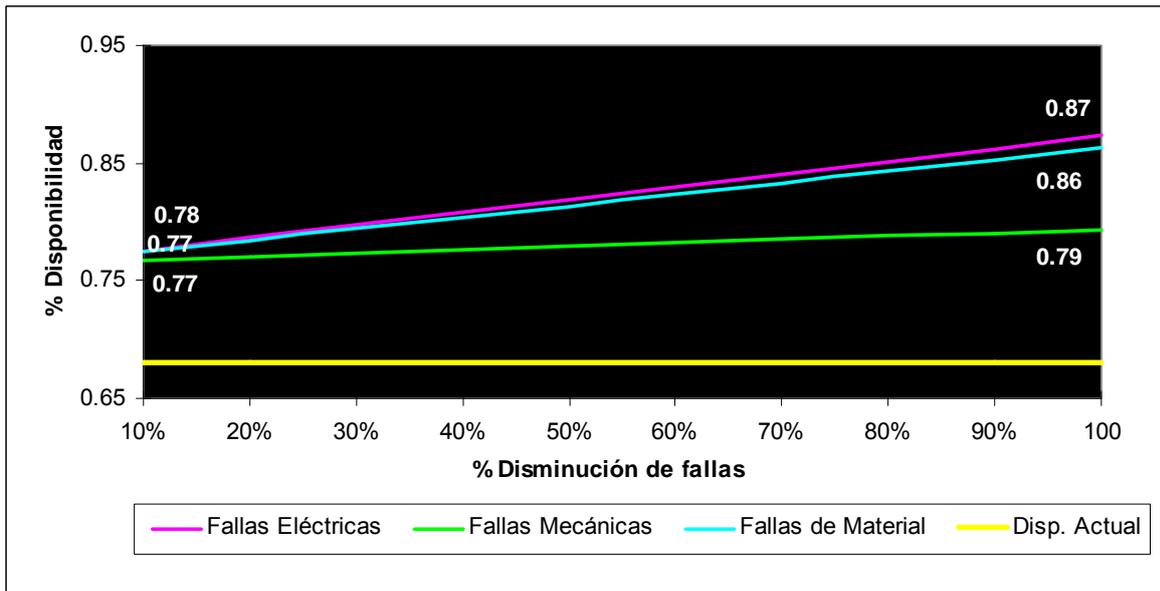


Figura 1.12. Análisis de sensibilidad de las variables que afectan la disponibilidad en las máquinas automáticas

Se puede apreciar una vez más, que las fallas eléctricas son las que tienen una mayor incidencia sobre el porcentaje de disponibilidad, por ende, se deben eliminar o cuando menos reducir al máximo en primera instancia.

Se realizó un segundo análisis de Pareto para determinar las averías de mayor importancia en la parte eléctrica durante el mes de estudio, cuyos resultados se muestran a continuación:

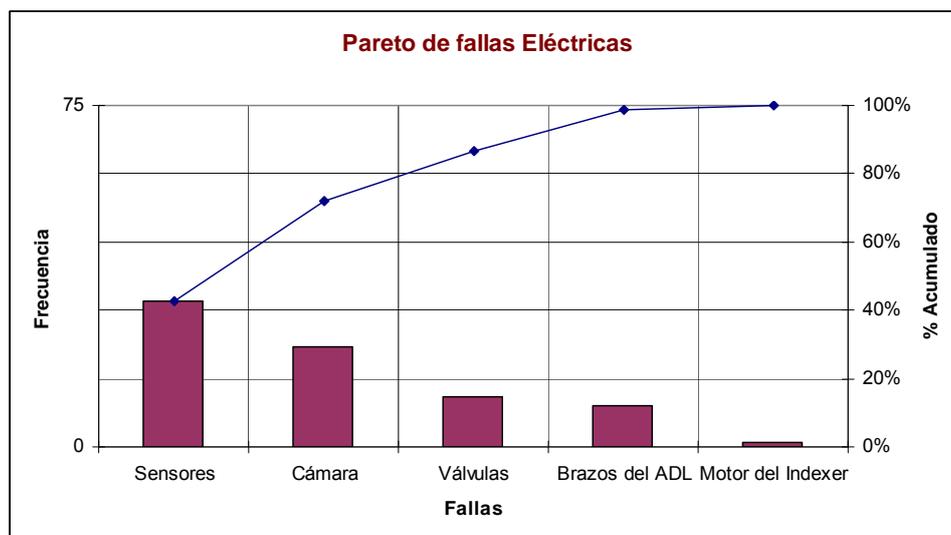


Figura 1.13. Fallas eléctricas representativas en las máquinas ST



Se apreció que las fallas eléctricas representativas están referidas a los sensores y la cámara de inspección de la máquina.

V.2.2. Máquinas del Área de Empaque

En esta área se lleva a cabo el proceso de empaque de las afeitadoras que son ensambladas en las máquinas ST y automáticas.

Como se mencionó en el capítulo III, para el diagnóstico se consideró una máquina según el tipo (I, II, III, IV y V), debido a que las máquinas de un mismo tipo se rigen bajo el mismo principio de operación.

Las pérdidas consideradas para el análisis fueron las pérdidas por preparaciones y ajuste, ya que por averías y fallos en general, representan el 10% del porcentaje de paradas total de la máquina.

Este diagnóstico se hizo mediante el análisis de la data recopilada por la empresa en el período de febrero - abril del corriente año, información en que contiene los cambios de tooling en dicho período.

Las máquinas automáticas operan durante las 24 horas del día, los 7 días de la semana, según los parámetros indicados por producción.

El porcentaje de disponibilidad promedio del área de empaque durante el período de estudio se encontró dentro de los límites requeridos por la planta SWS Caracas (94%). Sin embargo, el objetivo primordial al diseñar un sistema de mantenimiento productivo total, es llevar la eficiencia general del sistema a la unidad (1). Se planteó entonces como oportunidad para incrementar la capacidad de las máquinas, realizar un diagnóstico del tiempo de cambio de toolings en el área de empaque. Las máquinas de esta área que requieren de un tiempo elevado en el cambio de útiles y herramientas, son las máquinas Alloyd (Rotary, Inline y Carrousel).

Por esta razón, las máquinas a diagnosticar, son las Alloyd Rotary y Alloyd Inline, dado que después de efectuar un análisis de Pareto de la Figura 1.14, se observó que son las que afectan en mayor peso a la producción.

Es importante destacar, que los cambios de toolings son realizados por el mecánico de turno sin colaboración alguna.

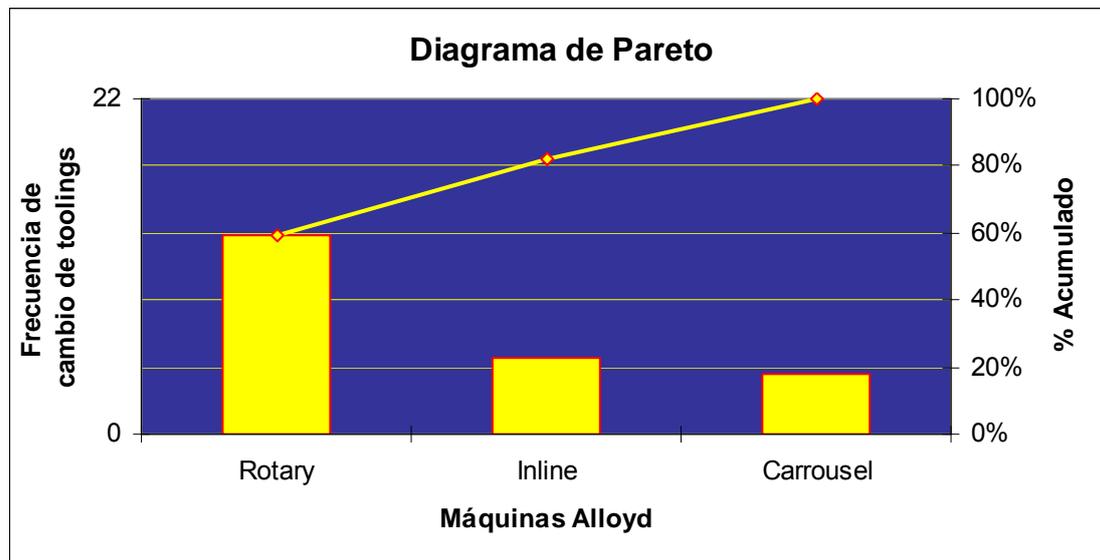


Figura 1.14. Máquinas a estudiar del área de empaque

V.2.2.1 Máquinas de empaque Alloyd Rotary

Para este tipo de máquinas, se consideraron las pérdidas por preparaciones y ajuste, como se explicó anteriormente, dado que la frecuencia de cambios de toolings y los tiempos que éstos implican, son mayores a los tiempos de averías y fallas, aún cuando se consideren los tres tipos de fallas (eléctricas, mecánicas y por material), como se explicó anteriormente.

Para la realización del diagnóstico, se recopiló la información correspondiente a los cambios de toolings ocurridos durante los meses de febrero, marzo y abril, en los registros de reportes de producción existentes. Dado que el comportamiento de los tres meses fue aproximado, se tomó el mes de febrero como mes de estudio.



Cambio de toolings en el mes	Tiempo de cambio de 1 tooling	Tiempo total de cambio	
18	31,39 min.	560,52 min.	9,34 horas

Tabla 1.11: Cantidad y duración de cambio de toolings en las Alloyd Rotary

En el cuadro 1.11 se muestra la cantidad de toolings realizados en el mes de febrero, así como el tiempo promedio por día que éstos representan.

Posteriormente, se enumeraron las etapas del procedimiento y tomaron las mediciones de los tiempos de cada una. En la siguiente tabla se muestran los resultados:

	Actividad realizada	Duración de la actividad	
		seg.	min.
Referidas al cambio de tooling	1. Buscar el carro de tooling	15	0.25
	2. Retirar los nidos	120	2.00
	3. Retirar la plancha	46	0.77
	4. Retirar alimentador de tarjeta	46	0.77
	5. Retirar alimentador de burbuja	65	1.08
	6. Colocar alimentador de tarjeta	60	1.00
	7. Colocar alimentador de burbuja	55	1.00
	8. Colocar la plancha	95	2.00
	9. Colocar los nidos	186	3.10
	10. Retirar el carro de tooling	12	5.00
Referidas a las pruebas de arranque	11. Esperar al manipulador de burbujas y tarjetas	300	0.25
	12. Alimentar las burbujas y tarjetas	700	11.67
	13. Llamar al auditor de calidad	150	2.50
	TOTAL	31,39	

Tabla 1.12: Actividades y duración del cambio de tooling en las Rotary

En el Anexo 5 se muestra la máquina Alloyd Rotary, así como las partes que deben ser sustituidas en un cambio de presentación.



V.2.2.2 Máquinas de empaque Alloyd Inline

Al igual que para las máquinas Alloyd Rotary, en la Alloyd Inline se consideraron las pérdidas por preparaciones y ajuste, dado que la frecuencia de cambios de toolings y los tiempos que éstos implican, son mayores a los tiempos de averías y fallas, aún cuando se consideren los tres tipos de fallas (eléctricas, mecánicas y por material).

Para la realización del diagnóstico, se recopiló la información correspondiente a los cambios de toolings ocurridos durante los meses de febrero, marzo y abril, en los registros de reportes de producción existentes. Dado que el comportamiento de los tres meses fue aproximado, se tomó el mes de febrero como mes de estudio.

Cambio de Toolings en el mes	Tiempo de cambio de 1 tooling	Tiempo total de cambio	
10	74,18 min.	741,8 min.	12,36 horas

Tabla 1.13: Cantidad y duración de cambio de toolings en las Alloyd Inline

En el cuadro se muestra la cantidad de toolings realizados en el mes de febrero, así como el tiempo promedio por día que éstos representan.

Posteriormente, se realizaron las mediciones de los tiempos de cada etapa del procedimiento de cambio de presentación. En la siguiente tabla se muestran los resultados:



Actividad Realizada		
Actividad realizada	1. Buscar el carro de tooling y herramientas	1,08
	2. Retirar los 5 primeros nidos	2,15
	3. Esperar que la plancha enfríe	7,00
	4. Retirar los 5 nidos siguientes	4,00
	5. Colocar 5 nidos	4,00
	6. Retirar la plancha	3,57
	7. Retirar la cama	3,15
	8. Colocar cama nueva	3,20
	9. Colocar plancha nueva	4,15
	10. Retirar los 20 nidos siguientes y colocar los 25 nidos restantes	23,45
	11. Retirar y colocar burbujero	1,36
	12. Retirar y colocar tarjetero	1,46
	13. Retirar y colocar la descarga del tarjetero	6,38
	14. Retirar y colocar la descarga de producto	6,23
	15. Ajuste e inspección en todo el proceso	3,00
TOTAL	74,18	

Tabla 1.14: Actividades y duración del cambio de tooling en las Inline

En el Anexo 6 se muestra la máquina Alloyd Inline, así como las partes que deben ser sustituidas en un cambio de presentación.



VI. PROPUESTA

VI.1. Propuesta de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total en las Máquinas del Área de Ensamblaje

La propuesta de un sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) está enfocada a eliminar totalmente las averías, para elevar el valor del índice de disponibilidad hasta la unidad (1) y elevar así la Tasa de Rendimiento Operativo de la Máquina (OEE). Estas metas se persiguen alcanzar en los equipos que componen el área de ensamblaje de la Planta Schick Wilkinson Sword Caracas con el plan de mantenimiento que se lleva a cabo actualmente, tal como se expuso en el capítulo del diagnóstico.

Para lograr la totalidad de las metas planteadas (cero averías y fallos en general, además del coeficiente de operatividad por paros y disponibilidad de valor uno), es necesario tanto implementar un programa de mantenimiento autónomo como mejorar aspectos de la gestión del mantenimiento en cuanto al control de fallas, tiempos muertos y la supervisión de la ejecución de los trabajos de mantenimiento, entre otros.

Para la realización de la propuesta se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

- Tipos de averías ocurridas en las máquinas: Son de origen eléctrico las que ejercen mayor peso sobre la disponibilidad, tal como fue expuesto en el capítulo anterior.
- Turnos de trabajo y rotación de los grupo: Se tienen cuatro (4) grupos de trabajo, cada uno compuesto por un supervisor producción encargado del monitoreo de la planta. Los cuatro (4) grupos de trabajo operan bajo 3 turnos rotativos: de 6:00 a.m. a 2:30 p.m., de 2:30 p.m. a 10:00 p.m., y de 10:00p.m. a 6:00 a.m. Cada grupo tiene dos (2) días de descanso cada (5) días.
- Nivel de conocimiento del personal sobre el funcionamiento de las máquinas: Se entrevistó a los operadores para determinar el grado de



conocimiento acerca de los equipos y se determinó que éstos tienen un conocimiento muy general del funcionamiento.

- Actividades de mantenimiento realizadas actualmente por los operadores: Se realizan actividades de limpieza con aire comprimido a cada un a de las estaciones del equipo antes de comenzar el turno.

VI.1.1. Programa de Mantenimiento Autónomo

Como se mencionó en el capítulo de conceptos generales, la filosofía del mantenimiento autónomo indica que es el operador del equipo quien se encarga de sus labores de mantenimiento.

Al determinar que los conocimientos de los operadores en cuanto al funcionamiento de las máquinas son muy básicos y, además, no se encuentran familiarizados con la metodología del mantenimiento autónomo se hace necesario:

- Concientizar a los operadores de planta y personal de mantenimiento en cuanto a los beneficios de la implementación de un programa de mantenimiento autónomo y sus funciones dentro de éste.
- Capacitación de los operadores de planta en el funcionamiento de las ensambladoras ST, para que éstos puedan detectar un mal funcionamiento de los equipos y llevar a cabo en la medida de lo posible, las soluciones a las fallas más frecuentes y que no impliquen una capacitación técnica avanzada.
- Entrenar a los operadores y crear en ellos el hábito de realizar las labores de mantenimiento. Este hábito se formará a partir de una supervisión constate, así como de incentivos al ser evidente el aumento de la producción por disminución de fallas.

El diseño de un programa de mantenimiento autónomo tiene dos etapas principales que son la limpieza y la inspección, que permiten la detección



prematura de fallas en los equipos, con lo cual se evitarán averías, que con el tiempo puedan llegar a ser crónicas por falta de atención temprana.

La etapa de limpieza contempla:

- Limpieza profunda de la máquina, cada siete (7) días. De esta manera se minoriza el trabajo de labores de mantenimiento durante la semana de cada grupo, evitando demoras al comienzo de los turnos y generación de conflictos.
- Limpieza de las partes superficiales de las máquinas al comienzo del turno, finalización del turno y después de la hora de la comida, es decir, 3 veces por turno.
- Al mantener la máquina limpia, tanto en la parte interna como la externa, se facilitan las inspecciones, ya que de esta forma se puede observar la existencia de alguna pieza dañada o en mal estado, partes que no funcionen debidamente, evitar que los sensores se ensucien constantemente, así como otras fallas menores.

La etapa de inspección está referida a todas las estaciones de la máquina, la cual debe hacerse diariamente al comienzo de cada turno, y contempla:

- Chequeo general del estado de mangueras de aire y vacío de los pickers.
- Chequeo de aparatos de medida y control (lectura de manómetros de aire, vacío y tab-pusher).
- Verificación vibración, ruido y velocidad de giro de las tolvas.
- Revisión de ruidos anormales.
- Revisión del nivel de oscilación del vibrablock en la estación de mangos.
- Inspección del deslizamiento de las correas de asiento, espaciador, tapa y mango.
- Chequeo de la condición de las bases de los sensores externos, así como su alienación.
- Verificación de los led de los sensores, si están activos.

- Verificación de la estación de cámara, que tenga los bombillos en buen estado y que el lente esté ajustado.
- Realizar las pruebas de cámara y tab pusher en las ST, así como EDS e indexer en las automáticas.

Tal como se definió en el capítulo del diagnóstico, las fallas eléctricas que más afectan la disponibilidad son las generadas por los sensores y por la cámara.

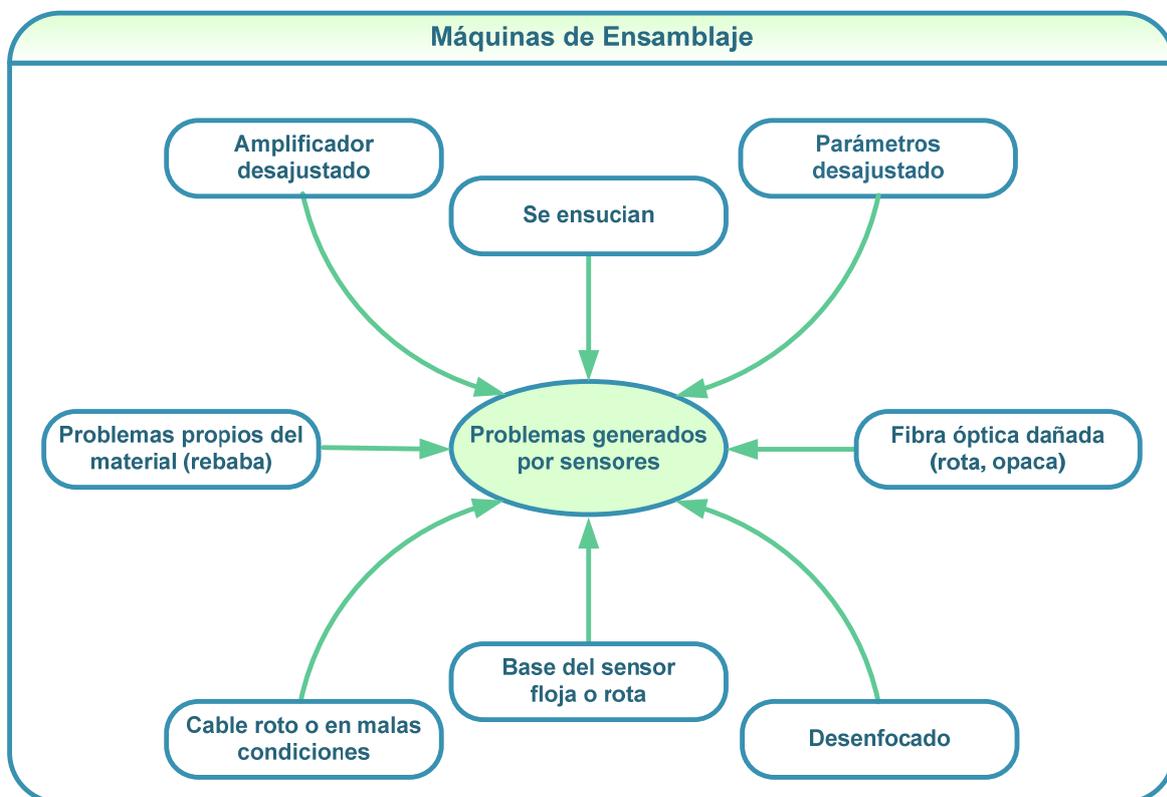


Figura 1.15. Causas que generan fallas en los sensores

En caso que se presente alguna falla referida a los sensores o exista un alto porcentaje de rechazo asociado a éstos, el operador deberá:

1. Verificar que las características del material están dentro de los parámetros de producción, a saber:



- El color de cada pieza de la máquina de afeitar debe ser el correspondiente a la producción programada (asiento, espaciador, tapa, cover y mango).
 - Que cada pieza tenga la forma adecuada, es decir, que no estén arqueadas o dobladas (como sucede con las tapas, espaciadores y hojillas); así como también chequear que el material no tenga rebaba (asiento, espaciador, tapa, cover y mango).
 - En caso de que estas características no sean las correspondientes, notificar al supervisor de producción para que informe al departamento de calidad y tomen las medidas convenientes.
2. Limpiar el sensor con limpiador SQ, rociando el líquido sobre la fibra óptica y, en caso de ser un sensor fotorelector, rociar también el espejo reflector. Si persiste la falla, chequear que la fibra óptica no esté opaca, ya que puede estar vencida y se tendría que colocar una nueva.
 3. Si el sensor está desenfocado o desalineado, colocarlo nuevamente en su posición y/o ajustar la ganancia. Esto pudo haber ocurrido por tropezar el sensor al hacer un ajuste. Si la falla continua, el tornillo de la base del sensor puede estar aislado, y se tendría que reparar la rosca de la base con una mecha, un ramacho y un giramacho.
 4. Posteriormente hay que comprobar que la base o fibra óptica del sensor no estén rotas, de ser así, deben ser reemplazadas por una nueva, extraída del almacén de repuestos.
 5. También se debe ajustar la sensibilidad del amplificador, en caso de que no se pueda ajustar, el amplificador debe ser reemplazado.
 6. Programar el amplificador para inspeccionar una característica específica, tal como: presencia o ausencia de pieza, prueba de tab-pusher y presencia de polyox.
 7. En caso de que el cable conector del sensor al PLC de la máquina esté roto, debe ser reemplazado.

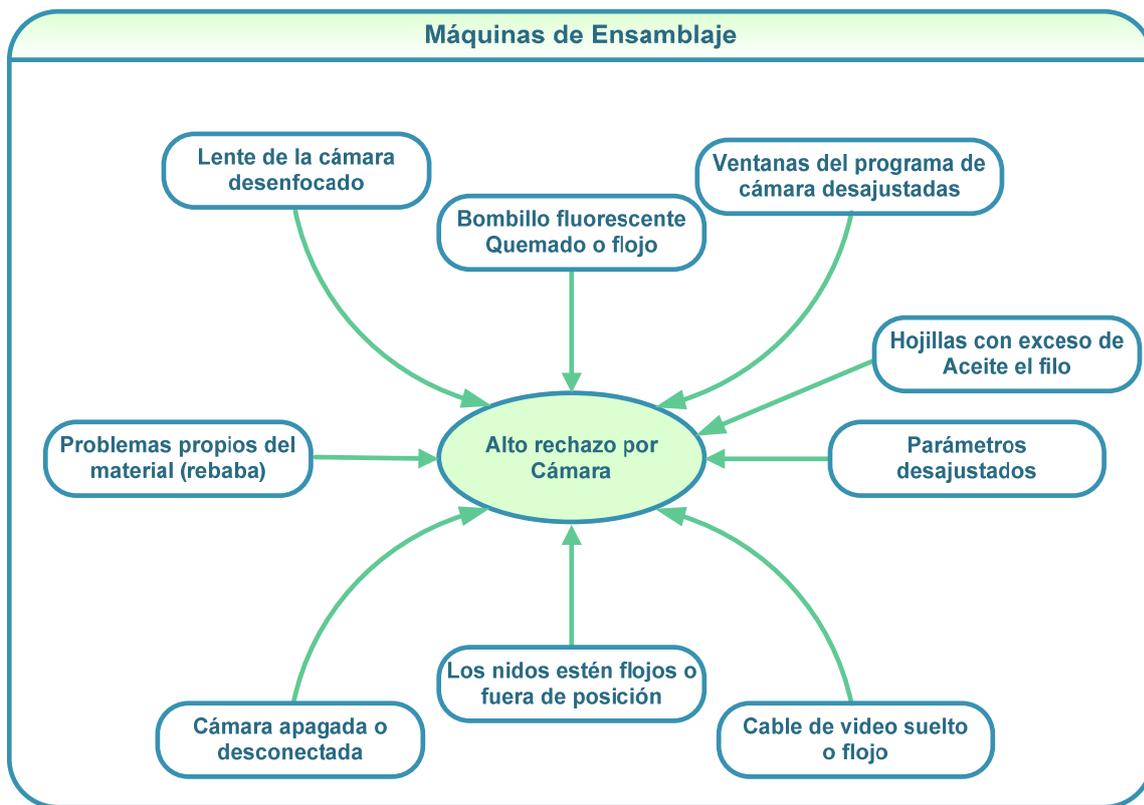


Figura 1.16. Causas que generan fallas en la cámara de inspección

En la cámara se inspecciona la condición de los cartuchos una vez ensamblados (tapa, asiento, hojilla asiento, espaciador y hojilla tapa) para que, una vez aprobados por ésta, les sea colocado el cover y el mango. En caso de presentarse una falla en esta área, es importante hacer un check list de las siguientes instrucciones:

1. Comprobar que la cámara está encendida y conectada a la toma de 110VAC
2. Verificar la condición del cartucho ensamblado, si tiene defectos tales como tapas con rebaba, hojilla con el filo golpeado o rotas, asiento roto, hojilla y/o espaciador sobresalido, espaciador defectuoso.
3. Revisar en la chimenea que las hojillas en el filo no tengan exceso de aceite, y de ser así, se deben soplar en la misma chimenea con aire comprimido. Si la falla persiste, se debe verificar que los dos soplores que se encuentran antes de la cámara esté operativos, ya que ellos tienen



como función retirar exceso el aceite acumulado en las hojilla, uno se encarga de soplar la hojilla tapa y el otro la hojilla sienta.

4. Chequear si los bombillos fluorescentes están encendidos, de no estarlo, chequear en el interruptor que estén encendidos. En caso que persista la falla, el bombillo puede estar quemado u opaco en alguno de sus extremos y debe cambiarse por uno nuevo.
5. Verificar que el cable RG coaxial esté conectado a la entrada de la cámara y que esté en buen estado, así como las conexiones splitter. En caso de que aún persista la falla, dirigirse al almacén de repuestos para reemplazarlos así como los conectores.
6. También es necesario ver si los nidos se encuentran alineados y no están flojos, en caso de estar flojos o los nest pins están rotos, se debe llamar al maestro mecánico.
7. Chequear que el lente de la cámara no esté flojo, sucio, que tenga un buen enfoque, de estar en correctas condiciones, se procede a ajustar los parámetros de la cámara, tolerancias mínimas y máximas están dentro de los rangos.
8. Dentro del programa de la cámara, reubicar ventanas del programa de ACUITY de acuerdo a la condición del producto.

VI.1.2. Formato de Control de Fallos

Con este formato se busca obtener la información referida a la fallas: cuándo ocurre (fecha y hora), causas que la originaron, medidas tomadas, cuándo se repara, tiempo de la reparación, tiempo entre la ocurrencia de la falla hasta que es aceptado el equipo por el personal de operaciones, entre otros aspectos. La empresa posee un formato de reportes pero no incluye esta información referente al departamento de mantenimiento, pero es necesaria ya que permitirá realizar un mejor análisis del comportamiento de las máquinas. El formato actualizado, en el que se incluye el cuadro de *Registro de Fallas*, se muestra en los anexos 7 y 8.



VI.1.3. Analistas de Ensamblaje

Como se ha venido mencionado a lo largo de las propuestas anteriores y en el diagnóstico, la meta en el área de ensamblaje es conseguir un índice de disponibilidad igual a uno (1) y mejorar así la eficiencia global del sistema.

Se propone entonces contratar a dos analistas de fallas en el área de ensamblaje, uno encargado de las máquinas automáticas y uno de las máquinas ST, y cuyas funciones serían las siguientes:

- Recopilar la data obtenida en los formatos de registro de fallas propuestos anteriormente.
- Calcular los indicadores de pérdidas por fallas y averías en general, expuestos en el capítulo V.
- Analizar la información arrojada por los indicadores y en base a ella realizar propuestas de mejoras a la Gerencia de Mantenimiento, de la mano con la Gerencia de Producción.
- Llevar a cabo la implementación de las propuestas, así como recopilar los nuevos índices de pérdidas por averías a fin de evaluar mejoras.
- Velar por el cumplimiento de las actividades de mantenimiento autónomo propuestas en el presente capítulo.

VI.1.4. Análisis Económico de la Propuesta

Para la realización del análisis económico de la propuesta se tomaron en consideración las siguientes premisas:

- Nivel de preparación académica de los analistas: Por directrices de la empresa deben ser técnicos superiores (TSU).
- Costo de contratación de un TSU: Esta información fue obtenida en la Gerencia de RRHH, y el costo es de 12.845.000 Bs. / año.
- La empresa tiene como política que cualquier proyecto con un payback o valor presente neto mayor a un año es rechazado.
- La tasa de descuento empleada en la empresa, y por ende en los cálculos, es de 12 %.



- El costo de oportunidad del bulk de hojillas de Exacta II en las máquinas ST es de 21,55 Bs. / hojillas (no se muestra el método de cálculo por ser información confidencial de la empresa).
- El costo de oportunidad del bulk de Cartuchos Ultrex en las máquinas automáticas es de 15,24 Bs. / cartucho (no se muestra el método de cálculo por ser información confidencial de la empresa).
- Piezas por minuto producidas en las ST = 95 hojillas/min.
- Piezas por minuto producidas en las automáticas = 78 cart/min.

A. Cálculo del beneficio generado por la contratación de un analista de fallas en las máquinas ST:

De la tabla 1.7 expuesta en el diagnóstico, se observa que de eliminar las fallas eléctricas se consigue un ahorro promedio en horas de producción mensual de 13,92 horas = 835,2 min. y, con esta información, se calcula el número de hojillas por año a producir en ese tiempo:

$$(835,2 \frac{\text{min}}{\text{mes}}) \times (95 \frac{\text{hojillas}}{\text{min.}}) = 79344 \frac{\text{hojillas}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses} = \boxed{X = 952128 \frac{\text{hojillas}}{\text{año}}}$$

Obtenidas las hojillas a producir anualmente, se calcula el valor presente neto (VPN) de la inversión y así evaluar la aceptación de la propuesta:

$$Y = \text{Costo TSU} = 12845000 \text{ Bs/año}$$

$$Z = \text{Costo oportunidad bulk hojillas} = 21,55 \text{ Bs/hojilla}$$

$$A = \text{ingreso anual} = (X) \times (Z) \rightarrow \boxed{A = 20546922,24 \text{ Bs/año}}$$

$$\text{VPN} = -12845000 + \frac{20546922,4}{(1,12)^1} \rightarrow \boxed{\text{VPN} = 5500466,28 \text{ Bs/año}}$$



Dado que el VPN fue positivo y en un monto considerable, se calcula la tasa interna de retorno (TIR) y conocer la tasa de rendimiento de la propuesta:

$$0 = - 12845000 + \frac{20546922,4}{(1 + \text{TIR})^1} \rightarrow \boxed{\text{TIR} = 59,96\%}$$

Como la tasa interna de retorno es mayor a la tasa de descuento empleada por la empresa, se concluye que colocar un analista de fallas en el área de ST es factible y rentable. El cociente entre el costo del TSU y el ingreso anual se observa que el período de recuperación de la inversión es de 7 meses y 15 días.

B. Cálculo del beneficio generado por la contratación de un analista de fallas en las máquinas automáticas:

De la tabla 1.7 expuesta en el diagnóstico, se observa que de eliminar las fallas eléctricas se consigue un ahorro promedio en horas de producción mensual de 7,64 horas = 476,4 min. y, con esta información, se calcula el número de hojillas por año a producir en ese tiempo:

$$\left(\frac{476,4 \text{ min}}{\text{mes}} \right) \times \left(\frac{78 \text{ cart}}{\text{min.}} \right) = 37159,2 \frac{\text{cart}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses} = \boxed{X = 445910,4 \frac{\text{cart}}{\text{año}}}$$

Obtenidos los cartuchos a producir anualmente, se calcula el valor presente neto (VPN) de la inversión y así evaluar la aceptación de la propuesta:

$$Y = \text{Costo TSU} = 12845000 \text{ Bs/año}$$

$$Z = \text{Costo oportunidad bula hojillas} = 15,24 \text{ Bs/cartucho}$$

$$A = \text{ingreso anual} = (X) \times (Z) \rightarrow \boxed{A = 6795674 \text{ Bs/año}}$$

$$\text{VPN} = - 12845000 + \frac{6795674}{(1,12)^1} \rightarrow \boxed{\text{VPN} = -6777433 \text{ Bs/año}}$$



El VPN arrojó un valor negativo, lo que significa que de llevar a cabo la contratación de un segundo analista de fallas, la empresa obtendrá pérdidas, por ende queda descartada.

C. Cálculo del beneficio generado por la contratación de un analista de fallas para el área de ensamblaje (ST + automática)

Dado que el objetivo trazado en el área de ensamblaje es eliminar las fallas eléctricas ya que quedó demostrado en el capítulo V que éstas inciden negativamente y en gran proporción sobre el porcentaje de disponibilidad de las máquinas, se consideró evaluar la contratación de un analista de fallas encargado del área total de ensamblaje.

Para este análisis, el costo de oportunidad vendría a estar representado por la suma del ingreso anual (A) de las ST y de las automáticas, y es el siguiente:

$$A = \text{ingreso anual} = (A)_{\text{Automática}} + (A)_{\text{ST}} \rightarrow A = 27342596,24 \text{ Bs/año}$$

$$\text{VPN} = -12845000 + \frac{27342596,24}{(1,12)^1} \rightarrow \text{VPN} = 11568032,35 \text{ Bs/año}$$

Dado que el VPN fue positivo y en un monto considerable, se calcula la tasa interna de retorno (TIR) y conocer la tasa de rendimiento de la propuesta:

$$0 = -12845000 + \frac{27342596,24}{(1 + \text{TIR})^1} \rightarrow \text{TIR} = 112\%$$

Como la tasa interna de retorno es mayor que la tasa de descuento por la empresa y en un porcentaje elevado, se concluye que colocar un analista de fallas en el área ensamblaje es factible y rentable. El cociente entre el costo del TSU (Y) y el ingreso anual (A) se observa que el período de recuperación de la inversión es de 5 meses y medio.



VI.2. Propuesta de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total en las Máquinas del Área de Empaque

El diseño de un sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) además de estar orientado a eliminar todas las fallas y averías, también está orientado a eliminar o reducir al máximo todas aquellas pérdidas por preparaciones y ajuste, para elevar el valor del índice de disponibilidad hasta la unidad (1) y elevar así la Tasa de Rendimiento Operativo de la Máquina (OEE).

Para lograr la meta planteada (disponibilidad de valor uno), es necesario implementar un programa de mantenimiento autónomo, que permita minimizar el tiempo empleado en la preparación o cambio de útiles, para atender los nuevos requerimientos de un nuevo producto.

VI.2.1. Propuesta (A): Cambios de Toolings en las Alloy Rotary

La filosofía del mantenimiento autónomo hace referencia a la participación del personal de planta (operadores y operarios) en todas aquellas labores referidas al equipo del cual están encargados. Por esta razón, es importante entrenarlo en labores de cambio de útiles y herramientas que los equipos puedan necesitar según las directrices de producción.

Para la realización de la propuesta se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

- Presentaciones que corren en la máquina e implican cambios de tooling: Se encontró que solo se requiere cambios de herramientas cuando hay cambio en las presentaciones Exacta II*3, Exacta II*5, Máquina Xtreme System, Máquina Quatro, Cartucho Xtreme y Cartucho Super Sistemas, que en total serían seis (6) cambios de presentación.
- Partes de la máquina que deben ser cambiadas al realizar un cambio de presentación: Para cada uno de los 6 productos, es necesario cambiar las mismas partes del equipo, a saber: plancha de sellado, alimentador de



burbujas, alimentador de tarjetas, los nidos y ajustar los parámetros de la máquina que variar según el producto a empacar.

- Nivel de conocimiento del personal sobre el procedimiento de cambio de tooling: Se entrevistó a las operadoras y operarias para determinar el grado de conocimiento acerca del equipo y se determinó que están al tanto de los cambios que requiere la máquina de una presentación a otra, inclusive, aquéllas que llevan gran tiempo operando la máquina, conocen los tipos de presentación que allí se empacan. Esta información es de gran utilidad dado que da conocer el grado de instrucción que requerido por el personal.
- Actividades de mantenimiento realizadas actualmente por las operadoras: Se realizan actividades de limpieza con aire comprimido a cada una de las áreas de la máquina.

Para la realización de la propuesta fue necesario identificar primero qué actividades de los cambios de toolings deben llevarse a *máquina parada* (MP) y cuáles a *máquina en marcha* (MM).

		Actividad realizada	
Referidas al cambio de tooling		Buscar el carro de tooling	1
		Retirar los nidos	2
		Retirar la plancha	3
		Retirar alimentador de tarjeta	4
		Retirar alimentador de burbuja	5
		Colocar alimentador de tarjeta	6
		Colocar alimentador de burbuja	7
		Colocar la plancha	8
		Colocar los nidos	9
		Retirar el carro de tooling	10
Referidas a las pruebas de arranque		Esperar al manipulador para alimentar las burbujas y tarjetas	11
		Alimentar las burbujas y tarjetas	12
		Llamar al auditor de calidad	13

Tabla 1.15: Pasos de cambio de tooling actual en las Alloyd Rotary

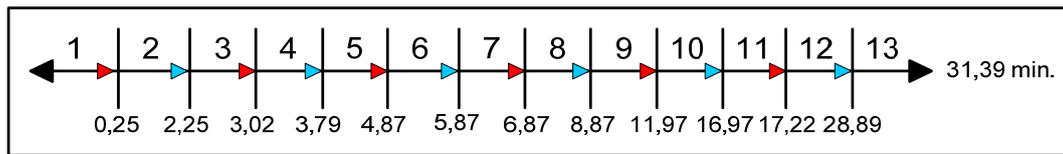


Figura 1.17. Gráfico del procedimiento actual de cambio de tooling en las Alloyd Rotary

Se observa en la Figura 1.16, que todas las actividades de cambios de toolings se realizan a máquina parada, además son consecutivas por ser llevadas a cabo por una sola persona, tal como se mencionó en el capítulo del diagnóstico.

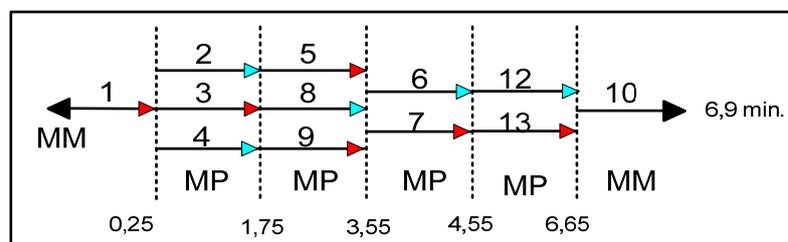


Figura 1.18. Gráfico del procedimiento propuesto de cambio de tooling en las Alloyd Rotary

Identificando las actividades que se pueden realizar a MM y de forma simultánea, así como optimizando los tiempos en la realización de cada actividad, se tiene una disminución de tiempo de cambio de tooling de 31,19 min. a 7 min. Para lograr esta disminución de tiempo, es necesario involucrar durante el cambio a una (1) operadora y un (1) manipulador, quedando las actividades repartidas así:

- Actividades 1, 3, 6, 8: Mecánico
- Actividades 4, 5, 7, 12: Manipulador
- Actividades 2, 9, 13: Operadora de la máquina
- Actividad 11: Se descarta dado que el manipulador participa en el proceso.



VI.2.2. Análisis Económico de la Propuesta (A)

Para la realización del análisis económico de las propuestas se tomaron en consideración las siguientes premisas:

- El manipulador y la operadora son parte del personal que operan la máquina, los cuales son enviados a realizar actividades en otras máquinas mientras se lleva a cabo el cambio de tooling. Por esta razón, el costo de inversión en los cálculos es cero.
- La empresa tiene como política que cualquier proyecto con un payback o valor presente neto mayor a un año es rechazado.
- La tasa de descuento considerada en la empresa, por ende en los cálculos realizados, es de 12 %.
- De las seis presentaciones que se producen en las Alloyd Rotary, solo fue considerada para el análisis la presentación Exacta II*5 por ser la que representa un mayor volumen de ventas.
- El costo de oportunidad por hojilla empacada de la presentación Exacta II*5 en las máquinas Alloyd Rotary es de 28,45 Bs/ hojilla (no se muestra el método de cálculo por ser información confidencial de la empresa).
- Piezas por minuto producidas en las Alloyd Rotary = 142 hojillas/min.

Cálculo del beneficio generado por la utilización de una operadora y un manipulador en cambio de presentación a Exacta II*5.

En la tabla 1.11 se muestra que actualmente se tiene un tiempo total de cambio por mes de 560,52 minutos, considerando una frecuencia de 18 cambios por mes, lo que implica 31,39 minutos por cada cambio de tooling, todo esto realizado por un mecánico.

Considerando la utilización de una operadora y un manipulador, se puede reducir el tiempo de cambio de presentación a 7 minutos, y teniendo una frecuencia de 18 cambios al mes, obtenemos un total de 126 minutos al mes en cambios de tooling, lo que implica un ahorro de 434,52 minutos que pueden ser



empleados para la producción de hojillas. El número de hojillas por año a producir en el tiempo ganado:

$$(434,5 \frac{\text{min.}}{\text{mes}}) \times (142 \frac{\text{hojillas}}{\text{min.}}) = 61701,84 \frac{\text{hojillas}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses} \quad \boxed{X = 740422,08 \frac{\text{hojillas}}{\text{año}}}$$

Calculadas las hojillas a producir anualmente, se halla el valor presente neto (VPN) de la inversión y así evaluar la aceptación de la propuesta:

$$Y = \text{Costo de oportunidad por hojilla empacada} = 28,45 \text{ Bs/hojilla}$$

$$A = \text{ingreso anual} = (X) (Y) \rightarrow \boxed{A = 21065008,17 \text{ Bs/año}}$$

Este ingreso representa el costo de oportunidad que resultaría de agregar dos personas al proceso de cambio de presentación.

$$\text{VPN} = 0 + \frac{21065008,17}{(1,12)^1} \rightarrow \boxed{\text{VPN} = 18808043 \text{ Bs/año}}$$

VI.2.3. Propuesta (B): Cambios de Toolings en las Alloyd Inline

Para la realización de la propuesta se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

- Presentaciones que corren en la máquina e implican cambios de tooling: Se encontró que solo se requiere cambios de toolings cuando hay cambio en las presentaciones: Máquina y Cartucho Lady Plus, Máquina y Cartucho Protector 3 Diamond y, Máquina y Cartucho Ultrex, que en total serías seis (6) cambios de presentación.
- Partes de la máquina que deben ser cambiadas al realizar un cambio de presentación: Para cada uno de los 6 productos, es necesario cambiar las mismas partes del equipo, a saber: plancha y cama de sellado, descargas



del tarjetero y del producto empacado, alimentador de tarjetas, 30 nidos y ajustar los parámetros de la máquina que variar según el producto.

- Nivel de conocimiento del personal sobre el procedimiento de cambio de tooling: Se entrevistó a las operadoras y operarias para determinar el grado de conocimiento acerca del equipo y se determinó que están al tanto de los cambios que requiere la máquina de una presentación a otra, inclusive, aquéllas que llevan mucho tiempo trabajando en la máquina, conocen los tipos de presentación que allí se empacan. Esta información es de gran utilidad dado que da conocer el grado de instrucción que requerido por el personal.
- Actividades de mantenimiento realizadas actualmente por las operadoras: Se realizan actividades de limpieza con aire comprimido a cada una de las áreas de la máquina.

Para la realización de la propuesta fue necesario identificar primero qué actividades de los cambios de toolings deben llevarse a *máquina parada* (MP) y cuáles a *máquina en marcha* (MM).

Actividad Realizada		
Actividad realizada	Buscar el carro de tooling y herramientas	1
	Retirar los 5 primeros nidos	2
	Esperar que la plancha enfríe	3
	Retirar los 5 nidos siguientes	4
	Colocar 5 nidos	5
	Retirar la plancha	6
	Retirar la cama	7
	Colocar cama nueva	8
	Colocar plancha nueva	9
	Retirar los 20 nidos siguientes y colocar los 25 nidos restantes	10
	Retirar y colocar burbujero	11
	Retirar y colocar tarjetero	12
	Retirar y colocar la descarga del tarjetero	13
	Retirar y colocar la descarga de producto	14
	Ajuste e inspección en todo el proceso	15

Tabla 1.16: Pasos de cambio de tooling actual en las Alloyd Inline

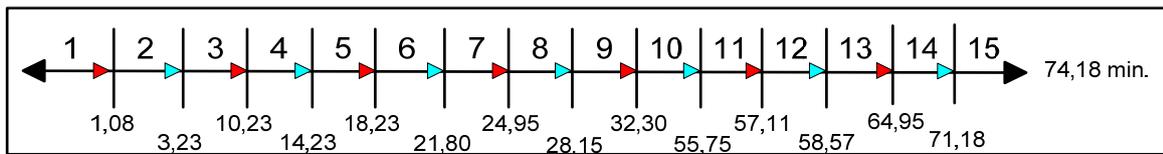


Figura 1.19. Gráfico del procedimiento actual de cambio de tooling en las Alloyd Inline

En la Figura 1.19 se puede apreciar que todas las actividades de cambios de toolings se realizan a máquina parada y son consecutivas por ser llevadas a cabo por una sola persona, tal como se mencionó en el capítulo del diagnóstico.

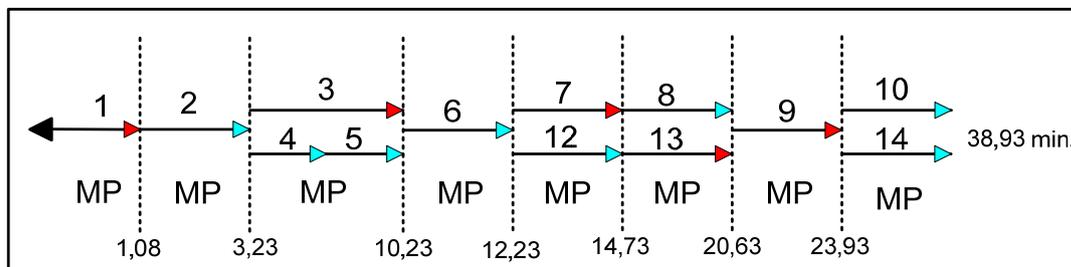


Figura 1.20. Gráfico del procedimiento propuesto de cambio de tooling en las Alloyd Inline

Se identificaron las actividades que se pueden realizar a MM y de forma simultánea, y se encontró que todas las actividades deben ser llevadas a máquina parada dado que las Inline poseen una cámara de sellado que debe ser enfriada antes de hacer algún cambio dado que la temperatura de sellado es elevada, además es muy pesada. También se optimizaron los tiempos de realización de cada una de las actividades, considerando que el procedimiento será realizado por el mecánico ayudado del manipulador.

Al simultanear actividades y reducir tiempos, se consigue una reducción de cambio de tooling de 74,18 min. A 30 min.

Las actividades quedarían repartidas de la siguiente forma:

- Actividades 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9 y 10: Mecánico
- Actividades 11, 4, 5, 12, 13 y 14: Manipulador



VI.2.4. Análisis Económico de la Propuesta (B)

Para la realización del análisis económico de las propuestas se tomaron en consideración las siguientes premisas:

- El manipulador es parte del personal que operan la máquina, el cual es enviado a realizar actividades en otras máquinas mientras se lleva a cabo el cambio de tooling. Por esta razón, el costo de inversión en los cálculos es cero.
- La empresa tiene como política que cualquier proyecto con un payback o valor presente neto mayor a un año es rechazado.
- La tasa de descuento considerada en la empresa, por ende en los cálculos realizados, es de 12 %.
- De las seis presentaciones que se producen en las Alloyd Inline, solo fue considerada para el análisis la presentación Cartucho Ultrex por ser la que representa un mayor volumen de ventas.
- El costo de oportunidad por cartucho empacado de la presentación Ultrex en las máquinas Alloyd Inline es de 22,43 Bs/ hojilla (no se muestra el método de cálculo por ser información confidencial de la empresa).
- Piezas por minuto producidas en las Alloyd Inline = 300 hojillas/min.

Cálculo del beneficio generado por la utilización un manipulador en cambio de presentación a Cartucho Ultrex

En la tabla 1.13 se muestra que actualmente se tiene un tiempo total de cambio por mes de 741,8 minutos, considerando una frecuencia de 10 cambios por mes, lo que implica 74,18 minutos por cada cambio de tooling, todo esto realizado por un mecánico.

Considerando la utilización un manipulador, se puede reducir el tiempo de cambio de presentación a 38,93 minutos, y teniendo una frecuencia de 10 cambios al mes, obtenemos un total de 389,3 minutos al mes en cambios de tooling, lo que implica un ahorro de 352,5 minutos que pueden ser empleados



para la producción de hojillas. A continuación se muestra el cálculo de hojillas por año a producir en el tiempo ganado:

$$(352,5 \frac{\text{min.}}{\text{mes}}) \times (300 \frac{\text{cart.}}{\text{min.}}) = 105750 \frac{\text{cart.}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses} \quad \boxed{X = 1269000 \frac{\text{cart.}}{\text{año}}}$$

Una vez calculados los cartuchos a producir anualmente, se calcula el valor presente neto (VPN) de la inversión y así evaluar la aceptación de la propuesta:

$$Y = \text{Costo de oportunidad por cartucho empacado} = 22,43 \text{ Bs/cartucho}$$

$$A = \text{ingreso anual} = (X) (Y) = \boxed{A = 28463670 \text{ Bs/año}}$$

Este ingreso representa el costo de oportunidad que resultaría de agregar una persona al proceso de cambio de presentación.

$$\text{VPN} = 0 + \frac{28463670}{(1,12)^1} \rightarrow \boxed{\text{VPN} = 25413991 \text{ Bs/año}}$$



VII. CONCLUSIONES

La magnitud del problema planteado por la gerencia de mantenimiento de la Planta Schick Wilkinson Sword, al inicio de la realización del presente trabajo de grado, se vio disminuida en gran medida cuando se obtuvieron los coeficientes de eficiencia de las máquinas del proceso, ya que los valores obtenidos están cercanos al valor ideal (1), por lo que la meta del estudio consistió en colocarlos todos en el valor óptimo de trabajo.

El trabajo estuvo orientado a establecer un programa de mantenimiento autónomo, así como un registro de control de fallos que permitieran evaluar las políticas de mantenimiento que se realizan, ya que es importante ejecutar mejoras en ese sentido.

Para lograr los objetivos planteados, se realizó la evaluación de la situación del área de ensamblaje y empaque de la planta, encontrándose que el área de empaque poseía un alto índice de disponibilidad (94%) y con un bajo porcentaje de fallas, por lo que la propuesta estuvo dirigida a mejorar dicho índice. Se propuso entonces disminuir los tiempos de cambios de presentación en aquellas máquinas que eran cuellos de botella, razón por la que se escogieron las Alloyd Rotary e Alloyd Inline, cuyas frecuencias y duración de cambio son altas. Se calcularon en cada caso, los tiempos ahorrados gracias a la inclusión de operadores en dicho proceso (2 personas en la Rotary y una en la Inline), los cuales son parte del personal existente en la actualidad que, al momento de producirse un cambio, son dirigidos a realizar otras actividades o estar en espera durante la realización del mismo.

En el área de empaque no se consideró una inversión inicial para el cálculo del beneficio generado por la propuesta, por el motivo antes mencionado. Se calculó entonces el Valor Presente Neto para estimar el beneficio de las mejoras sugeridas a la tasa de descuento empleada por la empresa y en un lapso de un año.



La propuesta en el área de ensamblaje consistió en la contratación de dos (2) analistas de fallas, uno encargado del estudio de las máquinas ST y otro encargado de las automáticas. Se calcularon los indicadores de rentabilidad para determinar el impacto financiero de las propuestas, obteniendo que la contratación de un analista para las máquinas ST es favorable, con un período de recuperación de 7 meses y 15 días, sin embargo, al calcular el valor presente neto de la contratación de un analista de fallas en las máquinas automáticas, éste arroja valores negativos, lo que representa pérdidas para la empresa. Se consideró entonces un segundo escenario, contratar un analista encargado del área de ensamblaje completa (ST + Automáticas) y, al calcular el VPN y la TIR, se observó que la propuesta es favorable para la empresa, con un período de recuperación de 5 meses y medio.



VIII. RECOMENDACIONES

Implementar el programa de mantenimiento autónomo así como el control de datos de fallas, propuesto en el presente trabajo especial de grado, ya que a partir de ellos se recogen los datos necesarios para calcular los indicadores expuestos en el capítulo V, para su posterior análisis y en base a los resultados, plantear mejoras.

Dado que la meta del Mantenimiento Productivo Total es llevar la eficiencia global del sistema a la unidad (1), es necesario emplear los indicadores presentados en el capítulo V para el análisis de fallas mecánicas y por material, así como también el estudio de los factores que generan pérdidas por tiempo de vacío y paradas cortas, por caídas de velocidad, por defectos de calidad y por reproceso y arranque, que son las pérdidas que afectan las otras dos variables de la Tasa de Rendimiento Operativo de la Máquina (OEE), tal como se expuso en la Figura 1.7.

Una vez implementado el registro de fallas y habiendo contratado al analista de fallas para el área de ensamblaje, es importante efectuar evaluaciones periódicas para determinar si se están cumpliendo las metas planteadas y la existencia de posibles mejoras del programa de mantenimiento autónomo. También deben realizarse chequeos periódicos del plan de mantenimiento de todo el sistema, para evitar que en momentos determinados ocurra alguna sobrecarga o subutilización del personal de mantenimiento. En tal sentido, conviene clasificar las actividades de mantenimiento de forma adecuada, cumplir con la frecuencia y puntualidad planificadas.

De ser posible, implementar de carácter obligatorio que cuando se realice cualquier labor de mantenimiento, los encargados de llevarla a cabo tengan a un lado la carpeta con todos los procedimientos referidos a ese equipo y abierta en el procedimiento de la actividad que se este realizando.



Por último, se recomienda actualizar el software de mantenimiento empleado en la empresa (MP), de la versión 7.2 a la 8.1, dado que la nueva versión contempla de forma integrada y en red el registro de fallas en el instante que se produce la avería, produciendo un reporte de generación de fallas en línea, que va dirigido al personal de mantenimiento correspondiente, el cual, al recibir el aviso de falla, envía una orden de revisión de la misma delegada por el técnico adecuado y, una vez que éste la haya resuelto, debe entregar la orden al personal de mantenimiento, quienes son los responsables de velar que la orden se haya ejecutado y cerrarla en el sistema. Este sistema de reporte de fallas en red, trae como ventajas la solución de fallas al instante que se generen, el trabajo conjunto de todas las áreas correspondientes, disminuyendo así el error de mediciones de horas y duración de fallas y las órdenes generadas están de la mano con el almacén de repuestos.



BILBIOGRAFÍA

BALDIN, A. y otros. Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales. Editorial Gustavo Gili S. A. Barcelona 1982.

BALESTRINI, M. Cómo se elabora el proyecto de investigación, (Para los Estudios Formulativos o Exploratorios, Descriptivos, Diagnósticos, Evaluativos, Formulación de Hipótesis Causales, experimentales y los Proyectos Factibles). BL Consultores Asociados, Servicio Editorial. Caracas, 2002.

DOUNCE, E. La Productividad en el Mantenimiento Industrial. Editorial CECSA. México 1998.

MALDONADO, C. El Mantenimiento Preventivo. Editorial INDEX. Madrid Barcelona 1971.

CUATRECASAS, L. TPM Total Productive Maintenance, Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción. Editorial Ediciones Gestión 2000, S. A. Barcelona, 2000.

NAKAJIMA, S. Mantenimiento Productivo Total Tecnologías de Gerencia y Producción. S. A. Madrid 1991.

RIBIS, S- Apuntes de Planificación de Mantenimiento- Instituto Universitario de Tecnología Industrial. Caracas, 1998.

SAMPIERI, R; FERNANDEZ, C; BAPTISTA, P. Mitología de a Investigación. MgGRAW-HILL. México, 1998.

http://www.solomantenimiento.com/m_ptm.htm

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/TPMIndustrial.htm>

<http://www.mantenimientomundial.com>

http://www.confiableidad.net/art_05/TPM/tpm_02.pdf



ANEXOS

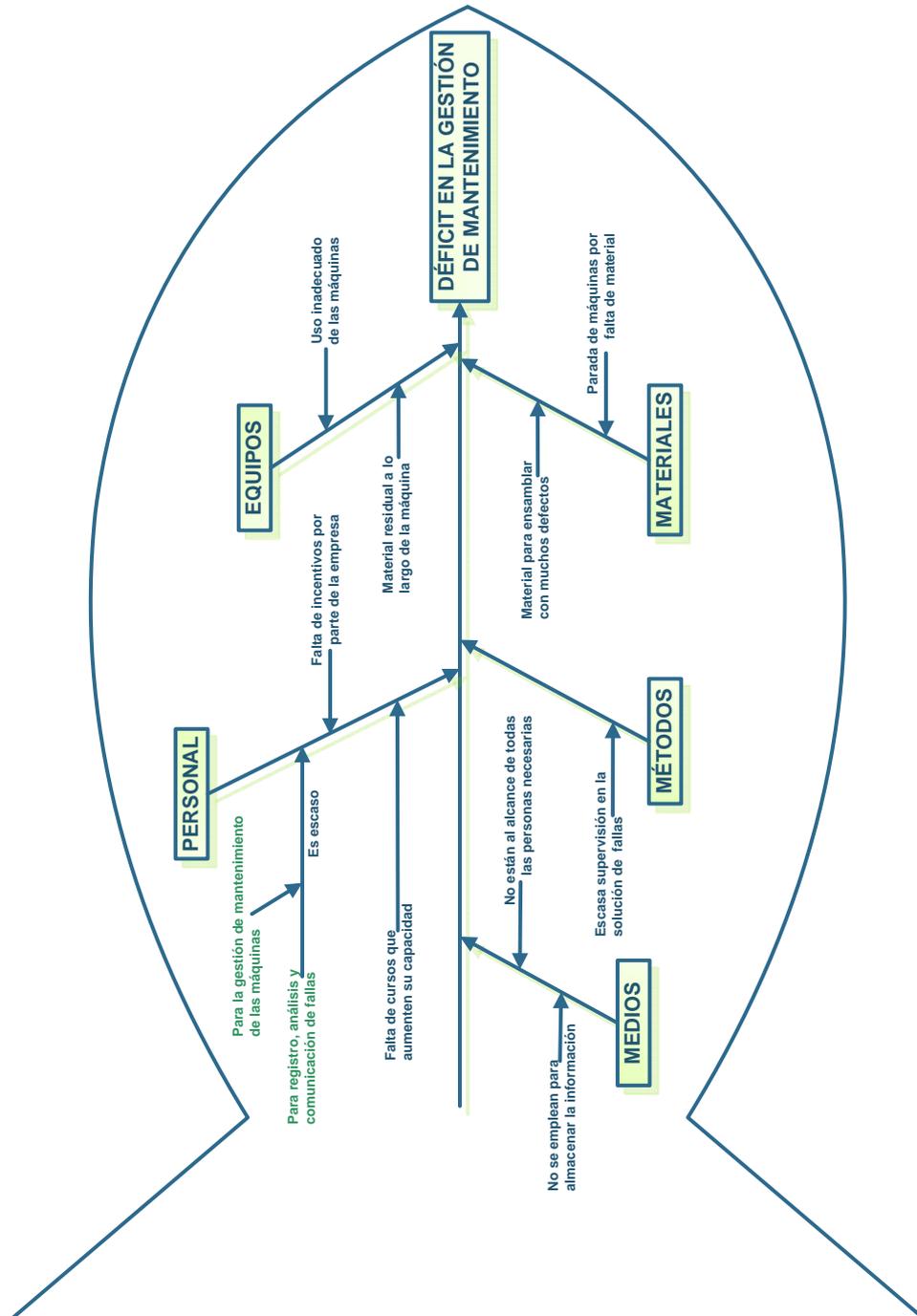
INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: FIGURAS

Anexo 1: Diagrama Causa- Efecto de la Encuesta Covenin 2500-93.....	1
Anexo 2: Layout Máquina ST	2
Anexo 3: Layout Máquina Automática.....	3
Anexo 4: Mecanismo de cálculo de los indicadores propuestos	4
Indicadores de TPM.....	4
1. Factores que inciden sobre los tiempos de pérdidas por preparaciones y ajustes y la frecuencia con que éstos deben llevarse a cabo:.....	4
2. Factores debido a la importancia y frecuencia de las averías y fallos en general: 5	
Anexo 5: Máquina de Empaque Alloyd Rotary	7
Anexo 6: Máquina de Empaque Alloyd Inline	8
Anexo 7: Formato de registro de fallas propuesto en las ST.....	9
Anexo 8: Formato de registro de fallas propuesto en las automáticas	10
ANEXO B: GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	11

ANEXO A: FIGURAS

Anexo 1: Diagrama Causa- Efecto de la Encuesta Covenin 2500-93





Anexo 2: Layout Máquina ST



Anexo 3: Layout Máquina Automática



Anexo 4: Mecanismo de cálculo de los indicadores propuestos

Indicadores de TPM

Para calcular los indicadores de TPM es necesario obtener antes los valores de: Tiempo Disponible (TD), Tiempo de Carga (TC) y Tiempo Operativo (TO). En el siguiente cuadro se muestra el procedimiento de cálculo de estos tiempos:

Tiempo	Obtenido deduciendo del anterior de los tiempos del:	Siglas y cálculo
Tiempo Disponible	Tiempo previsto en que el equipo se pueda utilizar	TD
Tiempo de Carga	Tiempo muerto para: Mantenimiento Preventivo Mantenimiento Productivo Descanso y paros previstos	TC
Tiempo Operativo	Tiempo de paro por: Averías y reparaciones Preparaciones y ajustes Otros especiales	TO

1. Factores que inciden sobre los tiempos de pérdidas por preparaciones y ajustes y la frecuencia con que éstos deben llevarse a cabo:

Tiempo medio entre preparaciones:

TMP = Tiempo de carga (TC) / Número de preparaciones (P):

Frecuencia de preparaciones:

FP = 1 / TMP (inversa del tiempo medio entre preparaciones)

Tiempo medio por preparación:

TMPR = Tiempo de preparaciones total (TPT) / Número de preparaciones (NP)



Tasa de preparaciones:

TRP = Cantidad de trabajos relacionados con las preparaciones (TMPP) /
Cantidad de trabajos de mantenimiento (TM)

Pérdidas de eficiencia por preparaciones:

IP = Tiempo total de paro por preparaciones (TPP) / Tiempo de carga (TC)

La carga de tiempo por preparaciones puede estar o no dentro de las previsiones. La tasa provisional de preparaciones informará de ello.

Tasa provisional de preparaciones:

TPPR = Cantidad de preparaciones / Previsión tiempo preparaciones

Mejora de tiempo de preparaciones:

MT = Tiempo mantenimiento preparaciones actual / Id. Período anterior

2. Factores debido a la importancia y frecuencia de las averías y fallos en general:

Tiempo medio entre fallos (mean time between failures):

MTBF = Tiempo de carga (TC) / Número de paros por fallos (PF)

FF = Frecuencia de fallos (fallos por unidad de tiempo) = 1 / MTBF

Tiempo medio perdido por fallo:

TMPF = Tiempo de paradas total (TP) / Número de paros por fallos (PF)

Tiempo medio de reparación (mean time to repair):

MTTR = Tiempo total reparaciones (TR) / Número de reparaciones (NR)

Tasa de averías:

TA = Cantidad de trabajos de mantenimiento por averías (TMA) / Cantidad de trabajos de mantenimiento



Ineficiencia por averías:

IA = tiempo total de paros por averías (TP) / Tiempo de carga (TC)

Tasa provisional de fallos:

TPF = Cantidad de reparaciones / Previsión de reparaciones

Y en tiempo de personal de mantenimiento o de máquina:

Tasa provisional de tiempo:

TPT = Tiempo mantenimiento reparaciones / Previsión tiempo reparaciones

Estas dos siguientes mediciones pueden tener un ratio de importancia relevante, en aquel que mida mejora o empeoramiento con el tiempo:

Mejora de fallos:

MF = Cantidad de reparaciones actual / Id. Período anterior

Mejora de tiempo:

MT = Tiempo mantenimiento reparaciones actual / Id. Período anterior

Anexo 5: Máquina de Empaque Alloyd Rotary

Alimentador de tarjetas

Plancha de sellado

Alimentador de burbujas

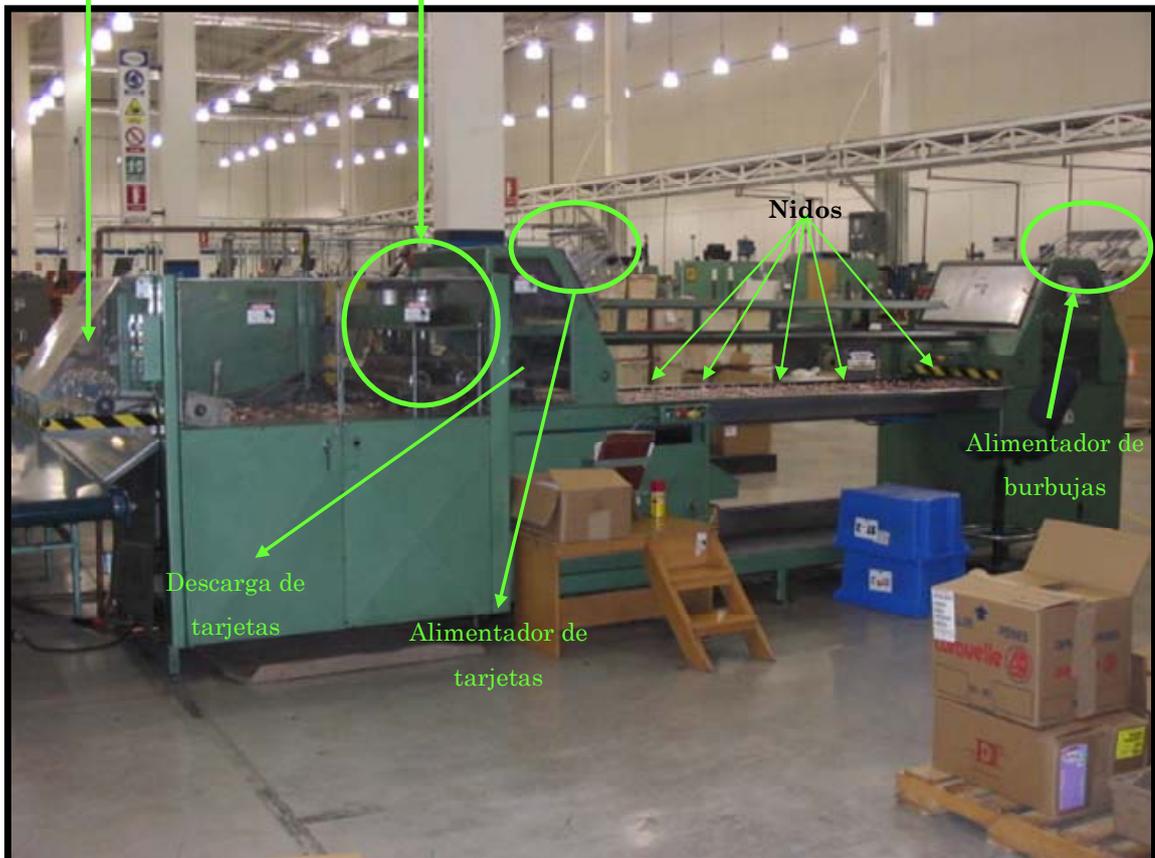


Nidos

Descarga de productos

Anexo 6: Máquina de Empaque Alloyd Inline

Descarga de producto Cama y plancha de sellado





Anexo 8: Formato de registro de fallas propuesto en las automáticas

Schick Wilkinson and Sword
 Dpto: Producción- Calidad- Mantenimiento
 Área: Ensamblaje

Fecha:
Turno:
Grupo:
Operador:

REPORTE AUTOMÁTICAS # _____

Presentación	Hora Inicial	Hora final	Golpes	Rechazo

	Mal cortadas	Con exceso de aceite	Incompletos	Rebaba	Arqueados
Hojilla Asiento	<input type="checkbox"/>				
Hojilla Tapa	<input type="checkbox"/>				
Dispenser	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	BIEN	MAL
ST		
STH		
SE		
SHB		
SA		
LD		
LI		
SPC		

	BIEN	MAL
SPD		
SPI		
STID		
STII		
SHTR		
SHAR		
SBP		
SE		
SEI		
SED		

Sensores Máquina:
 ST: Presencia de tapa SE: Presencia espaciadores SA: Presencia asiento
 SHT: Presencia hojilla-tapa SHB: Presencia hojilla base

Pruebas de cámara:
 SPD: Presencia poliox derecho ST: Presencia de tapa ST: Presencia de tapa
 SPI: Presencia poliox izquierdo SHT: Presencia hojilla-tapa SHT: Presencia hojilla-tapa
 SHTR: Hojilla-tapa rota SHAR: Hojilla-asiento rota

Sensores EDS:
 SEI: Espaciador izquierdo partido SED: Espaciador derecho partido

Sensores ADL:
 SPC: Presencia de cartuchos

Firma: _____

REGISTRO DE FALLAS							
Hora de Falla	Duración de Falla	Falla Presentada (área y pieza de la máquina)	Causa que originó la falla	Solución (qué y quién la ejecutó)	Repuesto	Observaciones (tipo avería)	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							

Repuesto: 1. Nuevo
2. Usado

Tipo de parada: 1. Cambio de presentación
2. Averías y reparaciones
2.1 Eléctricas
2.2 Mecánicas
2.3 Material



ANEXO B: GLOSARIO DE TÉRMINOS

Alimentadores: Dispositivo automático diseñado para la colocación de afeitadoras desechables y/o burbujas en la cavidad del nido.

Asientos: Componente plástico de la afeitadora desechable sobre el cual reposa la hojilla asiento.

Burbuja: Elemento plástico mas superficial del empaque con forma particular que depende de la forma de la máquina de afeitar y de la presentación.

Carga: Unidad equivalente a una determinada cantidad de de hojillas. El número de hojillas varía de acuerdo al tipo.

Giramacho: Pieza mecánica que realiza las líneas guías para enroscar un tornillo en un agujero.

EDS: Prueba realizada el las máquinas automáticas en la que se prueba el correcto funcionamiento del espaciador en el cartucho ensamblado.

Estándar: una medida estándar constituye un denominador común o base para expresar una característica o fenómeno en términos comunes. Esta unidad de medición es arbitraria y esta fijado por la población que intenta usarlo.

Exacta *3: Empaque de Exacta conformado por tres hojillas de afeitar.

Exacta *5: Empaque de Exacta conformado por cinco hojillas de afeitar.

Fotorreceptor: Tipo de sensor que consta de una espejo para enviar una señal.

Golpe: Referido a un ciclo de la máquina. Cantidad de productos elaborados en una máquina por ciclo.

Indexer: Cámara donde son inspeccionados los cartuchos ensamblados en las máquinas automáticas.

Led: Parte del sensor donde se encuentran ubicadas las entradas y salidas de cables, así como el tablero de programación.

Mano de obra directa: se refiere a trabajadores que están involucrados en la manufactura directa del producto.

Mantenibilidad: Es la rapidez con la cual las fallas, o el funcionamiento defectuoso de los equipos son diagnosticados y corregidos, o el mantenimiento programado es ejecutado con éxito. Es la probabilidad de poder ejecutar una



determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.

Nido: Bandejas de aluminio cubierta con silicón donde se encuentran las cavidades utilizadas para la colocación de máquinas de afeitar y/o cartuchos durante el proceso de empaque.

Packers: pequeñas cajas de cartón, utilizadas para embalar presentaciones de súper sistemas. El empaque en las mismas precede al embalado en corrugado.

Pin: Dispositivo metálico usado para trasladar hojillas durante el proceso de tratamiento de las mismas.

Picker: Estructura mecánica de las máquina ensambladoras que cumplen con la función de tomar una pieza mediante vacío, trasladarla hasta un área específica y luego soltarla por efecto de la presión del aire.

Poliox: Banda lubricante de la hojilla de afeitar.

Ramacho: Pieza mecánica para perforar huecos de profundidad.

SWS: Schick Wilkinson Sword.

Tab-Pusher: Prueba realizada en las máquinas ST en la que se prueba el correcto funcionamiento del espaciador en el cartucho ensamblado.

Tarjetas: Elemento impreso con lacas y tintas especiales hecho en cartón, el cual se une a la burbuja para darle forma al empaque. Este va ubicado en la parte posterior de la presentación.

Tolvas: Estructuras de las máquinas donde se alimentan los insumos o materiales a ensamblar de la hojilla de afeitar, tales como asiento, espaciadores, tapas, cover y mango.

Tooling: Conjunto de partes de un equipo que deben ser reemplazado al realizar un cambio de presentación en una máquina.

Tucks: Pequeña caja elaborada en cartón donde son colocados un número determinado de sobres con hojillas.

Vibrablock: Estructura eléctrica que cumple con la función de hacer vibrar una determinada parte de la máquina ensambladora.