

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

Previa la obtención del título profesional de

Ingeniero Industrial

“Diseño de un sistema de gestión del mantenimiento productivo mediante la acción en los equipos vitales de Life C.A.”

Anaguano Gualoto Pablo Alfonso

2004-2005

Quito, 14 de Febrero del 2005

CERTIFICADO

A QUIEN INTERESE:

Por medio del presente certifico que el señor **PABLO ALFONSO ANAGUANO GUALOTO** CI. 171005718-1 realizó satisfactoriamente estudios y actividades de mantenimiento en equipos de nuestra planta para el desarrollo de su tesis de grado con el tema: "Diseño de un sistema de gestión del mantenimiento productivo mediante la acción en los equipos vitales de LIFE C.A"

El interesado puede hacer uso del presente certificado como mejor convenga a sus intereses.

Atentamente,

LABORATORIOS LIFE



Ing. Iván Beltrán

Gerente de Recursos Humanos

Derecho de Autor

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

**Previa a la obtención del título profesional de
Ingeniero Industrial**

**“Diseño de un sistema de gestión del mantenimiento productivo
mediante la acción en los equipos vitales de Life C.A.”**

Anaguano Gualoto Pablo Alfonso

2004-2005

Dedicatoria

A mis Padres

A mi esposa Clelia Marina e hijos

Pablo Alessandro y Neil Santiago

Pablo Alfonso

Agradecimientos

Agradezco en primera instancia a la Universidad Tecnológica Equinoccial por ofrecerme la oportunidad de formarme como un profesional íntegro. A mi director de tesis, Señor Ingeniero Luis Hidalgo. A los Laboratorios LIFE C.A. por el apoyo brindado, y a todos aquellos que colaboraron en la realización de esta tesis.

Pablo Alfonso

Hoja de Responsabilidad

Del contenido de este documento se responsabiliza el autor.

Pablo Alfonso Anaguano Gualoto

CI: 171005718-1

Hoja de Jurado

Calificador 1

Calificador 2

Ing. Luis Hidalgo

Director de Tesis

Ing. Jorge Viteri

Decano

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
CAPITULO I	
INTRODUCCION	
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Antecedentes históricos	1
1.1.2 Antecedentes Prácticos	2
1.1.3 Situación actual del área de mantenimiento	3
1.1.4 Importancia práctica de la gestión del mantenimiento productivo	5
1.2 Alcance del estudio	7
1.3 Limitaciones de la gestión del mantenimiento productivo	8
1.4 Objetivo general del estudio	9
1.5 Objetivos específicos del estudio	9
1.6 Justificación del estudio	10
1.7 Idea a defender	11
1.8 Población / Muestra	12
CAPITULO II	
MARCO DE REFERENCIA	

2.1	El mantenimiento productivo	13
2.1.1	Introducción al mantenimiento productivo	13
2.1.2	El mantenimiento como centro de ingresos	14
2.1.2.1	Costos y productividad	15
2.1.2.2	Costos del mantenimiento	18
2.1.2.3	Costos de tiempo de paro	19
2.1.3	Concepto de servicio y su calidad	21
2.1.3.1	Máquina y servicio	22
2.1.4	Mantenimiento preventivo	23
2.1.4.1	Tipos de mantenimiento preventivo	23
2.1.4.2	Particularidades del mantenimiento preventivo	26
2.1.4.3	Programación del mantenimiento preventivo	27
2.1.5	Objetivos del mantenimiento productivo	28
2.2	El sistema de gestión y el mantenimiento productivo	29
2.2.1	Sistema, gestión y mantenimiento productivo	29
2.2.2	Sistema de información de mantenimiento	31
2.2.3	Herramientas para administrar el mantenimiento productivo	34
2.2.3.1	Índice ICGM (RIME)	34
2.2.3.2	Elaboración del índice ICGM simplificado	36
2.2.3.3	Análisis de problemas	39
2.2.3.4	Inventario jerarquizado de mantenimiento	43
2.2.3.4.1	Niveles de mantenimiento	43
2.2.4	Ambiente integral	45
2.2.4.1	Entidades	45

2.2.4.2	Atributos	46
2.2.5	Sistema total	46
2.2.5.1	Estudio de sistema total para máquinas	47
2.2.6	Asociación de equipos en la industria	48
2.3	Parámetros de mantenimiento	52
2.3.1	Efectividad del sistema	52
2.3.2	Repuestos instalados	53
2.3.3	Disponibilidad de equipos	54
2.3.4	Confiabilidad	54
2.3.4.1	Confiabilidad de sistemas	54
2.3.4.2	Análisis de fallas	58
2.3.4.2.1	Clasificación de las fallas	58
2.3.4.2.2	Curvas que caracterizan la falla	60
2.3.4.2.3	Definición de prioridades en las fallas	61
2.3.4.3	Distribución exponencial	63
2.3.4.4	Tiempo promedio entre fallas	64
2.3.4.5	Tasa de fallas	65
2.3.5	Mantenibilidad	65
2.3.5.1	Parámetros que intervienen en la mantenibilidad	66
2.3.5.2	Diseño de mantenibilidad	69
2.4	Base de datos del mantenimiento productivo	69
2.4.1	Inventario y registro	69
2.4.2	Instrucciones de mantenimiento y sugerencia de seguridad	70
2.4.3	Orden de trabajo	72

2.4.4	Datos de operación	73
2.4.5	Registro de medición	74
2.5	Evaluación de la gestión del mantenimiento	75
2.5.1	Informes de la gestión del mantenimiento productivo	75
2.5.1.1	Gestión de equipos	76
2.5.1.2	Gestión de costos	79
2.6	Mantenimiento total productivo (MTP)	80
2.6.1	Principios básicos del MTP	80
2.6.2	Las “5S” (HOUSEKEEPING)	82
2.6.3	Los ocho pilares del MTP	83

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1	Diseño de investigación	89
3.1.1	Profundidad de estudio	89
3.1.2	Conducta de las variables entre sí	90
3.1.3	Intervención del investigador en la investigación	91
3.2	Métodos de investigación	92
3.2.1	Observación científica	92
3.2.2	Método inductivo	92
3.2.3	Método estadístico	95
3.2.3.1	Control estadístico del sistema de mantenimiento productivo	95

3.3	Técnicas de investigación	97
3.3.1	Entrevistas	97
3.3.2	Consulta a expertos	98
3.3.3	Revisión de archivos	99
3.3.4	Revisión de literatura	99
3.3.5	Otros documentos	100
3.3.6	Trabajo de campo	100
3.3.7	Internet	101
3.4	Población – Muestra	101
3.5	Condiciones de prueba	102
3.6	Análisis de los datos	103
3.6.1	Diagrama de Pareto	103
3.6.2	Histogramas	103
3.6.3	Diagramas de espigas de pescado	103
3.6.4	Hojas de verificación	104

CAPITULO IV

TABULACION Y GRAFICA DE LA INFORMACION

4.1	Situación de la gestión del mantenimiento antes del estudio	105
4.1.1	Parámetros del actual sistema de gestión	105
4.1.2	Recursos físicos de la empresa	107
4.1.3	Mantenimiento preventivo vs. Mantenimiento correctivo	108

4.1.4	Programación actual del mantenimiento preventivo	109
4.1.5	Programa mejorado de mantenimiento preventivo	111
4.1.6	Costos actuales de mantenimiento en la planta	113
4.2	Determinación de los recursos vitales de la planta	114
4.2.1	Variables relacionadas con los recursos vitales	114
4.2.2	Aplicación de herramientas de jerarquización en los recursos vitales	115
4.2.3	Muestra representativa de los equipos vitales	117
4.2.4	Elaboración del índice (ICGM) simplificado	120
4.3	Análisis de los costos de mantenimiento – equipos de la muestra	120
4.3.1	Costos de mantenimiento preventivo	120
4.3.2	Costos de mantenimiento correctivo	123
4.3.2.1	Costo por paro no programado de maquinaria – muestra	127
4.3.2.2	Costo de desperdicios	132
4.3.3	Análisis de los costos de mantenimiento correctivo: Muestra	135
4.3.4	Análisis de costos de mantenimiento correctivo y preventivo: muestra	141
4.4	Análisis causa-efecto aplicado a la disponibilidad de los equipos vitales	142

CAPITULO V

PROPUESTA DEL NUEVO MODELO DE GESTION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

5.1	Introducción	145
5.2	Generalidades	146

5.3	Recursos disponibles	146
5.4	Gestión de recursos	147
5.4.1	Gestión de recursos financieros	149
5.4.2	Gestión de recursos humanos	149
5.4.3	Gestión del tiempo	155
5.4.4	Gestión de equipos vitales	155
5.4.5	Gestión de costos	157
5.5	Evaluación del sistema de gestión del mantenimiento productivo	157
5.5.1	Análisis de los costos de mantenimiento después del estudio	157
5.6	Jerarquización de los recursos de Life	160
5.7	Aplicación del índice (ICGM) simplificado	160
5.7.1	Propuesta de procesamiento de información de las órdenes de trabajo	161
5.8	Programa “MP2” de mantenimiento y tablas de codificación	163
5.9	Propuesta mejorada de la programación del mantenimiento	164
5.9.1	Programa de inspección para los equipos vitales	166
5.9.2	Cronograma de estudio de sistema total de los equipos vitales	167
5.10	Ventajas del nuevo sistema de gestión de mantenimiento	167

CAPITULO VI

RESULTADOS

6.1	Inventario jerarquizado de mantenimiento	170
6.2	Índice ICGM	175

6.3	Costos de mantenimiento de la planta	177
6.4	Repuestos: Termoformadora Uhlmann UPS 1020	182
	Conclusiones	183
	Recomendaciones	189
	BIBLIOGRAFIA	192

LISTA DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
2.1 Costos representativos del costo total de una parada de equipo	17
2.2 Particularidades del mantenimiento preventivo	27
2.3 Criterios para la elaboración del código máquina	37
2.4 Criterios para la elaboración del código trabajo	38
2.5 Probabilidad de ocurrencia de la falla	61
2.6 Clasificación de severidad	62
2.7 Modelo de instrucción de mantenimiento	71
2.8 Modelo de formulario de datos de operación	74
4.1 Parámetros del actual sistema de gestión	106
4.2 Reporte de solicitudes de órdenes de trabajo 2003	109
4.3 Programa anual de mantenimiento preventivo a junio del 2004: equipos vitales	110
4.4 Programa anual mejorado de mantenimiento preventivo: equipos vitales	112
4.5 Costos de mantenimiento	113
4.6 Variables relacionadas con la optimización de los equipos vitales	115
4.7 Inventario de recursos de Life por código máquina	116
4.8 Costo de mano de obra del mantenimiento preventivo	122
4.9 Costo de capacitación del mantenimiento preventivo	123

4.10	Costo de repuestos del mantenimiento correctivo de enero a julio del 2004	125
4.11	Costo de mano de obra de enero a julio del 2004	126
4.12	Costo por paro no programado de maquinaria	127
4.13	Costo por paro de maquinaria – Equipo: Termoformadora blister UPS 1020	129
4.14	Tiempo de paro no programado por fecha – Equipo: Selladora de frascos Strunck	130
4.15	Costo por paro de maquinaria – Equipo: Llenadora selladora Macofar	131
4.16	Análisis resumido del desperdicio de materiales en kg – Equipo: termoformadora blister UPS 1020	132
4.17	Análisis resumido del desperdicio de material en dólares – Equipo: termoformadora blister UPS 1020	133
4.18	Costo del mantenimiento correctivo – Equipo: Termoformadora blister UPS 1020	136
4.19	Costo del mantenimiento correctivo – Equipo: Selladora de frascos strunck	138
4.20	Costos del mantenimiento correctivo – Equipo: Llenadora selladora macofar	140
4.21	Costos de mantenimiento correctivo y preventivo – Equipos vitales de la muestra	141
5.1	Responsables de mantenimiento preventivo – Equipos vitales de Life	150
5.2	Actividades planificadas	152
5.3	Tabla de disponibilidad – Equipos vitales seleccionados	156

5.4	Costo de mantenimiento después del estudio	158
5.5	Programa maestro de mantenimiento preventivo – Equipos vitales de Life	165
6.1	Estadística de los recursos de Life según su jerarquía	172
6.2	Resumen de la estadística de los recursos de Life según su jerarquía	173
6.3	Resumen del inventario jerarquizado de los recursos de Life	174
6.4	Ordenes de trabajo jerarquizadas con el índice ICGM	176
6.5	Detalle de existencia de repuestos actualizado al 04-10-2004	178
6.6	Análisis resumido del desperdicio de materiales – Equipo: Termoformadora blister uhlmann UPS 1020	180
6.7	Costo por paro de maquinaria – Equipo: Termoformadora blister uhlmann UPS 1020	181

LISTA DE GRAFICOS

GRAFICO	PÁGINA
1.1 Cadena de relaciones del mantenimiento con sus clientes y proveedores	6
2.1 Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo	16
2.2 Curva de costo mínimo de mantenimiento	20
2.3 Triángulo de la gestión del mantenimiento	30
2.4 Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)	40
2.5 Representación gráfica del principio de W. Pareto	41
2.6 Diagrama de flujo de la planeación del mantenimiento	45
2.7 Elementos de un sistema total	47
2.8 Asociación de equipos en serie	48
2.9 Asociación de equipos en paralelo	50
2.10 Asociación de equipos en forma mixta	51
2.11 Esquema de parámetros del mantenimiento	53
2.12 Confiabilidad de un sistema en serie	55
2.13 Desconfiabilidad de un sistema en paralelo	57
2.14 Tipos de curvas que caracterizan la falla	60
2.15 Interpretación gráfica de los índices TMPF, TMEF, TMPR	77
4.1 Ordenes de mantenimiento correctivo vs. Mantenimiento preventivo - 2003	109
4.2 Costos y gastos de mantenimiento de enero a junio del 2004	113

4.3	Costo total por paro de maquinaria – Equipo: Termoformadora blister UPS 1020	129
4.4	Paros no programados por fecha – Equipo: selladora de frascos strunck	130
4.5	Desperdicio mensual de material en dólares – Equipo: termoformadora blister UPS 1020	133
4.6	Diagrama de Pareto de los costos de mantenimiento correctivo Equipo: Termoformadora blister UPS 1020	136
4.7	Diagrama de Pareto de los costos de mantenimiento correctivo Equipo: Selladora de frascos Strunck	138
4.8	Diagrama de Pareto de los costos de mantenimiento correctivo Equipo: Llenadora selladora Macofar	140
4.9	Costos de mantenimiento – Equipos vitales de la muestra	141
4.10	Análisis causa-efecto aplicado a la disponibilidad de los equipos vitales	143
5.1	Relación entre los procesos de la gestión del mantenimiento	148
5.2	Costos y gastos de mantenimiento de julio a noviembre del 2004 después del estudio	158
5.3	Flujograma y procesamiento de las órdenes de trabajo	162
6.1	Histograma de la distribución de los recursos de Life	174
6.2	Costo total por paro de maquinaria – Equipo: Termoformadora blister uhlmann UPS 1020	181

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1: Programa de inspección
- Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020
 - Llenadora Selladora Macofar
- Anexo 2: Repuestos para Mantenimiento Preventivo
- Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020
- Anexo 3: Particularidades de los materiales
- Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020
- Anexo 4: Informe resumido de la gestión de mantenimiento
- Selladora de Frascos Strunck
- Anexo 5: Cronogramas de ejecución
- Estudio de sistema total
 - Capacitación en MTP
- Anexo 6: Formatos para análisis de datos
- Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020
- Calibración de parámetros de trabajo
 - Guía para uso de formatos

Anexo 7: Mantenimiento Preventivo

Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020

- Plano de lubricación y engrase

Anexo 8: Documentación Interna

Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020

- Procedimiento Operativo Estándar

Anexo 9: Costos de mantenimiento

- Porcentajes de distribución de los gastos aplicado a los centros de servicios.

Resumen

Anaguano Gualoto Pablo Alfonso

Diseño de un sistema de gestión del mantenimiento productivo mediante la acción en los equipos vitales de Life C.A.

Uno de los objetivos de ésta tesis fue optimizar continuamente las prácticas del mantenimiento preventivo. Para esto se ha considerado trabajar sobre los equipos vitales de Life a través de un sistema dinámico de gestión que permita racionalizar eficazmente el uso de los recursos existentes en la planta. Paralelamente se realizó un ligero análisis sistematizado de la situación actual del área de mantenimiento lo que ayudó a visualizar los problemas de los tiempos de paro no programados en dichos equipos. Con la ayuda de la base de datos del programa MP2 para mantenimiento y de los centros productivos se mejoró la gestión y ejecución del mantenimiento. Adicionalmente se utilizaron algunas herramientas de gestión de mantenimiento; como el índice de clasificación de los gastos de mantenimiento (ICGM), el inventario jerarquizado de recursos, el principio de Pareto, capacitación, entre otros, los cuales nos permitieron priorizar las diferentes tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, complementándose de esta manera el mayor objetivo de maximizar la disponibilidad de los equipos vitales que ayudaron a cumplir sin interferencia los programas de producción, considerando la propuesta del mantenimiento productivo.

Summary

Anaguano Gualoto Pablo Alfonso

A system design of productive maintenance management by jeans of actions on the vital equipments of Life C.A.

One of the objectives of this thesis was to continually optimize the preventive maintenance practices. For this matter it was considered to work with the vital equipment of Life company through a dynamic system of management which permits in the best way the rationalization of the use of resources existing in the company. At the same time, a slight systemized analysis was done in relation to the present situation of the maintenance area which helped us to view the problems related to the non programmed stoppings in the above mentioned equipments. With the help of MP2 data base software for the maintenance systems and the production centers the management and performance of the maintenance were improved. In addition, some maintenance management tools were used, as the ranking index for maintenance expenditure (RIME), the ranked inventory of resources, the Pareto principle, training, among others, which allowed us to give the priorities to the different preventive and corrective maintenance jobs, thus wholly completing the greatest objective to maximize the availability of the vital equipments which helped us to comply without any interference the production programs, giving consideration to the proposal of the productive maintenance.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

Desde hace 64 años, los Laboratorios Industriales Farmacéuticos Ecuatorianos “LIFE” C.A. con su política de mejoramiento continuo, ha venido investigando, produciendo y comercializando nuevos productos dentro del mercado farmacéutico, a su vez la calidad de nuestros productos en gran parte ha dependido, de la calidad del servicio que brinda el personal técnico de mantenimiento a los recursos de la planta.

Sin embargo, las diferentes etapas de dirección por las que ha pasado el departamento de mantenimiento durante mucho tiempo, ha confirmado que los resultados de una eficaz gestión del mantenimiento industrial, en la práctica se relacionan con la calidad de servicio que proporcionemos a nuestros clientes internos (operarios de la máquina); y externos (personas que reciben el producto final), tomando en cuenta que una correcta visualización y aplicación del verdadero significado de lo que es la función de mantenimiento a largo plazo, ayuda a optimizar la interrelación entre el personal de producción y mantenimiento, permite orientar de mejor manera las acciones hacia las labores de mantenimiento, de tal manera que el sistema de gestión del mantenimiento a largo plazo permita minimizar costos, tiempo perdido, desperdicios y repeticiones dentro de un marco económico adecuado y productivo.

1.1.2 ANTECEDENTES PRACTICOS

Las estadísticas nos ha demostrado que al analizar las órdenes de mantenimiento correctivo y preventivo en los equipos e instalaciones de la planta, (correspondientes entre 01-2000 hasta 06-2004, éstas se relacionan con 2178 órdenes generadas para mantenimiento correctivo y 1776 órdenes generadas para mantenimiento preventivo), lo cual nos indica que el 55,08% de órdenes son para labores de mantenimiento correctivo y el 44,92% de órdenes corresponde a labores de mantenimiento preventivo, notándose que existe un mayor número de órdenes generadas para labores correctivas que permitan corregir las fallas durante el funcionamiento del recurso. Este análisis nos indica que existe la tendencia a seguir utilizando en gran parte, las horas

hombre efectivas, del personal técnico de mantenimiento para labores de corrección de averías.

A su vez, en los últimos 4 años se ha tratado de dar una mayor atención a las labores de mantenimiento preventivo en todos los equipos, sin embargo los resultados obtenidos no cubrieron completamente nuestras expectativas. En marzo

del 2001 se realiza un inventario jerarquizado de recursos, el cual nos permite identificar a los equipos vitales, importantes y triviales en la planta, actualmente a través del presente estudio se pretende diseñar un sistema de gestión mediante la acción en los equipos vitales que a mediano y largo plazo sea nuestra mejor herramienta para administrar el mantenimiento y la conservación industrial y poder orientar correctamente las labores de mantenimiento tendientes a optimizar la calidad de servicio para la buena marcha de la empresa.

1.1.3 SITUACION ACTUAL DEL AREA DE MANTENIMIENTO

La observación directa realizada en el área de investigación nos permite identificar las siguientes necesidades:

- a. Existe un sistema de gestión del mantenimiento, que en gran medida prioriza su atención hacia las labores de mantenimiento y preservación correctiva, dejando sin mayor importancia a las labores de mantenimiento y preservación preventiva en los equipos vitales e importantes.**

- b. El desconocimiento de los beneficios que genera la relación dinámica entre el sistema de mantenimiento y de producción, no permite jerarquizar y fomentar acertadamente las labores de prevención, dentro de un marco productivo para la empresa.**
- c. Estamos convencidos, que la continuidad en el uso del MTP (Mantenimiento Total Productivo), como una de las herramientas de gestión con mayores ventajas comparativas, ayudará a optimizar la situación actual de nuestro sistema de mantenimiento, enfocados en minimizar los costos y maximizar la productividad.**
- d. La falta de capacitación y entrenamiento permanente del recurso humano hace que la calidad de servicio de las labores de mantenimiento, no se encuentran dentro de los parámetros preestablecidos y no garanticen la mayor confiabilidad de los recursos vitales en la planta.**
- e. Actualmente, la base de datos, mediciones e indicadores de bs equipos vitales, se encuentran incompletos o no existen, los cuales no brindan la suficiente confiabilidad para desarrollar eficazmente los programas de mantenimiento, tendientes a optimizar y actualizar permanentemente los registros generales en el programa MP2 para mantenimiento.**
- f. Se brinda mayor atención a los costos y gastos que se derivan de las labores de mantenimiento y preservación correctivas, no así la atención**

proporcionada a la inversión tendiente a desarrollar labores de optimización, prevención y reingeniería en los recursos vitales.

1.1.4 IMPORTANCIA PRACTICA DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

Un buen sistema formal de gestión aplicado al campo del mantenimiento industrial en los laboratorios LIFE debe considerar la reducción de costos y la calidad de servicio (a través de la confiabilidad y la productividad de los equipos), asociados al cumplimiento de los tiempos de ejecución (mediante la disponibilidad de los equipos). A su vez el personal técnico de mantenimiento debe tener un rendimiento eficaz, en la atención adecuada de sus clientes internos, ya que sus labores de mantenimiento se manifiestan como impacto directo o indirecto en el producto que nuestra empresa ofrece a sus clientes.

Actualmente, a los laboratorios LIFE se lo debe considerar, como una cadena compuesta de tantos eslabones sea necesaria, (proveedores de servicios, compras locales, importaciones, producción, ventas etc.), donde el mantenimiento debe ser uno de los de mayor importancia para la satisfacción del cliente final de la empresa y la consecución de los mejores resultados, como indica el gráfico 1.1 “Cadena de relaciones del mantenimiento con sus clientes y proveedores”¹. De ésta manera el sistema de gestión del mantenimiento en LIFE

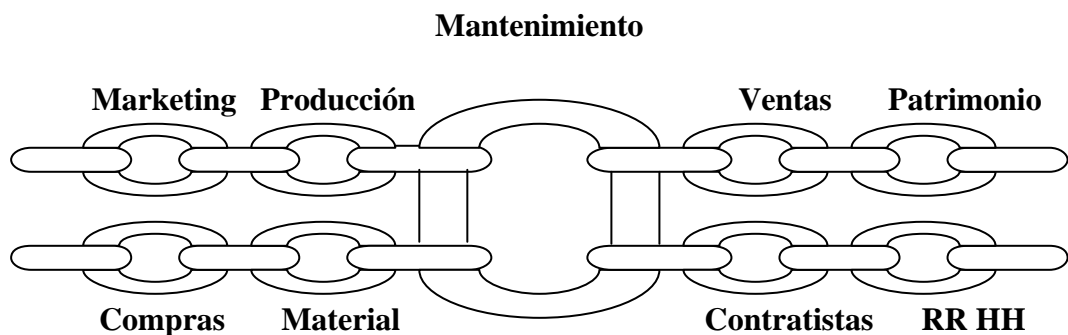
¹ Traducido del Portugués: Mantenimiento por estrategia - Visión del futuro
Silvio Miranda
Revista de Ensino de Engenharia – ABENGE – Nº 12 – Jul/95

basará su técnica en procedimientos científicos que le permitan desarrollar la importancia que le corresponde dentro de la empresa.

Finalmente la importancia de la gestión del mantenimiento mediante la acción en los equipos vitales de LIFE, guarda relación con la optimización en la calidad de servicio, disponibilidad de los equipos, mano de obra, stocks de productos, costos de mantenimiento; estos indicadores nos permitirán desarrollar a largo plazo, un sistema de gestión del mantenimiento que fomente la capacitación del recurso humano, tendiente a optimizar la productividad en toda la planta.

GRAFICO 1.1

CADENA DE RELACIONES DEL MANTENIMIENTO CON SUS CLIENTES Y PROVEEDORES



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “Administración moderna del mantenimiento”, Pág. 16

1.2 ALCANCE DEL ESTUDIO

Entre los alcances que cubre el presente estudio, podemos citar:

- a. Procedimientos técnico - científicos, aplicados a la gestión del mantenimiento productivo y mediante la acción en los equipos vitales.**
- b. Sistema de mantenimiento preventivo de los equipos vitales, a desarrollarse a mediano y largo plazo.**
- c. Optimizar la calidad de servicio frente a las labores de mantenimiento y preservación en los equipos vitales de la planta.**
- d. Procedimientos de ejecución de las labores de mantenimiento y preservación, seleccionando como muestra a 3 equipos prototipos, los cuales forman parte del grupo de los recursos físicos vitales dentro de la planta.**
- e. Fomentar la creación de proyectos prácticos, para el mejoramiento continuo de la calidad de servicio, orientados a contribuir con la productividad y la calidad total en la industria farmacéutica.**

1.3 LIMITACIONES DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

La predisposición y el conocimiento de las personas inmersas en el presente estudio ayudará a cumplir en gran porcentaje con los objetivos propuestos, sin embargo existe la probabilidad de encontrarse con restricciones de carácter humano, económico y tiempo, como se indican a continuación:

- a. Falta de actitud, predisposición, conocimientos, del recurso humano que participará en el desarrollo de las tareas asignadas para el cumplimiento de los objetivos previstos.**
- b. Miedo a romper con viejos paradigmas administrativos de mantenimiento en los centros productivos de la planta.**
- c. Atención priorizada al cumplimiento de las labores de producción, frente a las labores programadas de mantenimiento y preservación.**
- d. El departamento de mantenimiento cuenta con un presupuesto anual de gastos, en el que figura un rubro asignado para proyectos de mejora, sin embargo actualmente no se dispone de un presupuesto asignado exclusivamente para el desarrollo del presente estudio.**
- e. El tiempo aproximado para la consecución de los mejores resultados es de 3,5 a 4 años, tiempo que se estima para terminar con la implantación del**

estudio en todos los equipos vitales de la planta, empezando y tomando como guía el presente estudio con el recurso vital denominado, Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020.

1.4 OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO

Buscar la efectividad del sistema, a través de la disponibilidad de los equipos vitales, mediante el diseño y aplicación de un sistema de gestión del mantenimiento productivo programado, que permita cumplir sin interferencia los planes y estándares de producción.

1.5 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL ESTUDIO

- a. Identificar los equipos vitales, que permitan una gestión eficaz del mantenimiento productivo en los mismos.**

- b. Identificar los problemas críticos en las fases de planificación, organización, ejecución y control del mantenimiento, para optimizar la administración del mismo.**

- c. Establecer la comunicación en los departamentos de mantenimiento, producción, planificación y control de la producción, implicados con la programación y ejecución del mantenimiento productivo.**

- d. Minimizar los paros imprevistos y los tiempos muertos en la producción mediante la intervención oportuna del mantenimiento preventivo programado en los equipos vitales.**

- e. Reducir los costos de mantenimiento, utilizando eficazmente los recursos disponibles, que garanticen un servicio a tiempo de óptima calidad.**

- f. Disponer de un presupuesto anual, para gastos ocasionados por mantenimiento productivo que permita a la gerencia de mantenimiento y producción proyectar con mejor aproximación dicho presupuesto.**

- g. Actualizar y mejorar constantemente la base de datos de los equipos vitales utilizando el programa MP2 de mantenimiento y recursos disponibles, que permitan optimizar el control del mantenimiento y sus indicadores.**

1.6 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

Considerando que nuestra empresa se desenvuelve en un país bajo un sistema de alta competitividad empresarial, hace pensar que debemos bajar urgentemente los costos operativos y los costos de producción, lo cual permitirá que nuestros productos dispongan de mejores ventajas competitivas dentro del mercado farmacéutico.

Por otra parte las empresas industriales en el mundo, mejoran constantemente sus sistemas inherentes a sus actividades, tomando en cuenta

que la máquina es uno de los recursos importantes en el cual realizamos nuestros procesos de fabricación, proporcionar y garantizar de manera continua, un sistema eficiente de mantenibilidad y confiabilidad de los equipos considerados como vitales debe ser una política de trabajo que garantice la calidad de nuestros procesos.

Para el análisis hemos considerado que la base imprescindible es conservar la disponibilidad de los equipos vitales, mediante un sistema integral que optimice la gestión del mantenimiento productivo, junto al manejo de los recursos disponibles de mantenimiento, a fin de cumplir con los planes y estándares de producción.

Optimizar nuestro sistema de gestión del mantenimiento productivo nos ayudará a crear funciones más reales, mejorar la calidad en el servicio y optimizar los gastos directos e indirectos del mantenimiento en búsqueda de mayor rentabilidad y eficacia.

1.7 IDEA A DEFENDER

Si diseñamos y aplicamos un sistema de gestión y ejecución del mantenimiento productivo, aumentaremos permanentemente la disponibilidad de los equipos vitales de la planta, a fin de cumplir a tiempo con los planes de producción.

1.8 POBLACION / MUESTRA

Se considerará la gestión del mantenimiento productivo, tomando en cuenta los equipos vitales que intervienen directamente en los procesos productivos de la planta.

A todos los recursos de la planta se los ha clasificado mediante un inventario jerarquizado de recursos, el cual nos permite identificarlos como *vitales*, importantes y triviales. Un mejor detalle de la clasificación de los equipos vitales lo podemos observar en la tabla 4.21 (Recursos vitales de Life).²

² Para mayor información referirse al capítulo IV, punto 4.2.2 Aplicación de herramientas de jerarquización en los recursos vitales - Asignación del código máquina

CAPITULO II

MARCO DE REFERENCIA

2.1 EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

2.1.1 INTRODUCCION AL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

El análisis realizado a la introducción del presente estudio nos genera la siguiente pregunta:

¿Qué tipo de herramientas, estrategias y técnicas debería utilizar el departamento de mantenimiento en una empresa industrial, para diseñar el mejor sistema de gestión del mantenimiento productivo capaz de relacionarse directamente con la productividad?

Existen infinidad de herramientas, sin embargo, la aplicación de herramientas como el índice de clasificación de los gastos de mantenimiento

(ICGM), el análisis de problemas, el inventario jerarquizado de mantenimiento, la disponibilidad de los equipos, y el análisis de fallas, permitirán que la gestión del mantenimiento sea más productiva, con resultados predeterminados que faciliten la *planeación y el control del mantenimiento de los recursos vitales*.

“Además la aplicación de la técnica del Mantenimiento Total Productivo (MTP), constituye la herramienta complementaria para la reformulación y la mejora de la estructura departamental, por ello la interrelación y el compromiso entre las *personas* de todos los niveles jerárquicos y los *equipos*, satisfará la necesidad de mejorar la calidad de los productos que se fabrican en la *planta industrial*”¹.

Sintetizando diremos que la máxima eficacia en el trabajo, calidad y productividad lo conseguiremos siempre y cuando se mantengan unidos bajo un mismo objetivo: El Recurso humano, la Máquina y la Empresa.

2.1.2 EL MANTENIMIENTO COMO CENTRO DE INGRESOS

“Considerando que el consumidor es un elemento importante en las adquisiciones, por exigir la calidad de los productos como un factor fundamental que mantiene competitiva a la empresa en el mercado local o internacional, es obvio que un servicio eficaz de los recursos vitales (*alta disponibilidad para una alta productividad*), se consigue mediante la intervención oportuna del recurso humano en las labores de mantenimiento y preservación,

¹Pág. Web: www.monografias.com. Resumen: Cómo aplicar el mantenimiento productivo total (tpm) a industrias

constituyéndose parte de la reducción de costos, la garantía en la calidad del producto y del cumplimiento de los tiempos de entrega”².

2.1.2.1 COSTOS Y PRODUCTIVIDAD

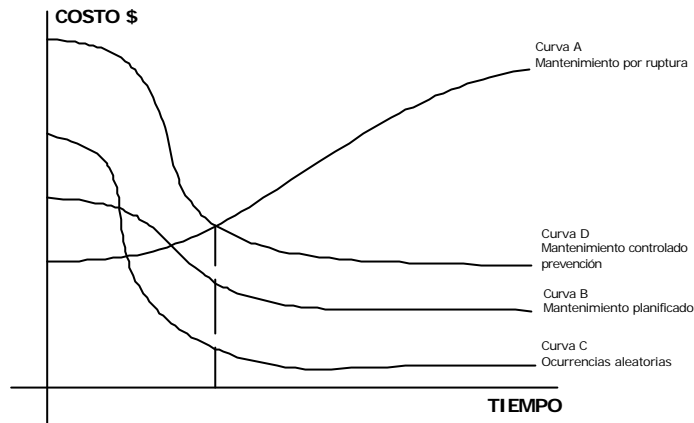
“Los costos del mantenimiento correctivo, tras pasar el tiempo genera la configuración de una curva ascendente como se observa el gráfico 2.1 (Curvas de costos del mantenimiento con relación al tiempo), debido a la reducción de la vida útil de los equipos que a su vez genera:

- **Depreciación del activo.**
- **Pérdida de producción**
- **Pérdida de la calidad de los servicios preestablecidos.**
- **Pago de horas extras del personal de ejecución de mantenimiento**
- **Mano de obra operativa improductiva.**
- **Pérdida de mercado, y**
- **Aumento de la probabilidad de riesgos de accidentes”³.**

²Libro: Manual del ingeniero industrial, tomo III, sección 11, Resumen pág. 11,12

³ Libro: Administración moderna del mantenimiento; Resumen: Costos y productividad. Pág. 20

GRAFICO 2.1
CURVAS DE COSTO DEL MANTENIMIENTO CON RELACION AL
TIEMPO



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “Administración moderna del mantenimiento”

“La implementación de la planificación y control, en búsqueda de la prevención y predicción de la falla, presenta una configuración de costos invertida, que equivale a una tasa negativa anual del 20% y con una tendencia a valores estables, que representan un ahorro en el computo total de 300 a 500%”⁴, por ello más de la mitad de este ahorro corresponde a la facturación cesante, tomando en cuenta que el Costo Total de una parada de equipo, es la suma entre el *Costo del Mantenimiento* y el *Costo de Tiempo de Paro*, que incluyen los valores ocasionados por dichos costos, como se observa en la tabla 2.1 (Costos representativos del costo total de una parada de equipo)

⁴ Tomado del Libro “Administración moderna del mantenimiento, Resumen pág. 21

TABLA 2.1
COSTOS REPRESENTATIVOS DEL COSTO TOTAL DE UNA PARADA DE
EQUIPO

COSTO DEL MANTENIMIENTO	COSTO DE TIEMPO DE PARO / INDISPONIBILIDAD
<ul style="list-style-type: none"> • Costo de mano de obra. • Costo de repuestos. • Costo de materiales. • Costo de combustibles y lubricantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de pérdida de producción (horas no trabajadas del recurso), debido a: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mala calidad del trabajo (desperdicio y reelaboración). 2. Falta de equipos. • Costo por emergencias, y costos extras para reorganizar la producción. • Costos por repuestos de emergencia. • Penalidades comerciales e imagen de la empresa. • Deterioro del recurso.

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento Industrial”

La experiencia ha demostrado que la evaluación del costo de indisponibilidad representa más del 50% del Costo Total de una parada⁵.

El mantenimiento planeado requiere una inversión inicial mayor que en el mantenimiento no planeado, sin eliminar completamente las fallas aleatorias, su alto valor inicial se justifica por la inexperiencia del personal de

⁵ Mantenimiento Clase Mundial, Fernando Harmsen – Graña & Montero
 Trabajo presentado en una mesa redonda de Mantenimiento.
 XXIII Convenio de UPADI – Acapulco – México – 1994

mantenimiento, sin embargo al pasar el tiempo, el mantenimiento aleatorio tiende a reducir sus valores y a estabilizarse.

Por ello los gastos del mantenimiento preventivo, considerado como la suma del mantenimiento planeado y aleatorio, constituyen un ahorro y un gasto menor al de mantenimiento por rotura.

Finalmente, “Una buena planificación y comunicación de los primeros conlleva a métodos de mantenimiento con el establecimiento de estándares de ejecución desarrollados por los fabricantes, experiencia del recurso humano de la empresa y bibliografía de empresas similares”⁶. Los estándares pueden referirse a las órdenes de mantenimiento, instrucciones de mantenimiento, lista de verificación, hojas de registro de datos, y al programa maestro de mantenimiento para optimizar la disponibilidad de los equipos, cuyo paro no planificado ocasiona pérdidas potenciales de materia prima, materiales y calidad del producto o servicio.

2.1.2.2 COSTOS DEL MANTENIMIENTO

Son todos aquellos costos ocasionados por la mano de obra y material, utilizados en el cuidado físico de los recursos, permitiendo su adecuada preservación y un nivel de servicio preestablecido.

⁶ Resumido del Libro: Manual del Ingeniero Industrial; Tomo III; Capítulo 6; Páginas 127-129

2.1.2.3 COSTOS DE TIEMPO DE PARO

“Son los costos incurridos por un funcionamiento fuera de la calidad estipulada de un recurso, a cargo del departamento de mantenimiento”⁷.

Es necesario que los recursos vitales en la empresa dispongan de los costos de tiempo de paro aproximado, aplicable cuando alguno de ellos proporciona una calidad de servicio fuera de la norma preestablecida con el “código máquina”⁸

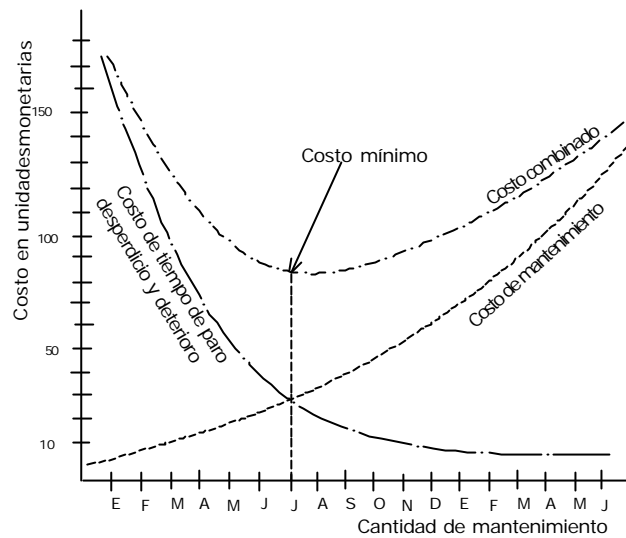
La interacción entre los costos de mantenimiento y los costos de tiempo de paro nos genera un costo combinado, el cual nos indica cuál es el *costo mínimo de mantenimiento*. Se pueden considerar estos factores para construir una gráfica que indique la cantidad óptima de mantenimiento y calidad en las labores de mantenimiento que debe suministrar el departamento de mantenimiento a los recursos vitales de la empresa, véase Gráfico 2.2 (Costo mínimo de mantenimiento).

⁷ Fuente: Libro “Administración moderna del mantenimiento”

⁸ Véase tabla 2.3 Criterios para la elaboración del código máquina

GAFICO 2.2

CURVA DE COSTO MINIMO DE MANTENIMIENTO



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”

“El gráfico nos indica que, cuando el costo de paro es igual al costo de mantenimiento, (punto de intersección de las curvas), se obtiene el costo mínimo de mantenimiento, como la base para establecer el nivel de costos de mantenimiento:

$$\text{Nivel de costos de mantenimiento} = \frac{\text{Costo de paro}}{\text{Costos de mantenimiento}} \times 100$$

Cuando esta razón sea igual a la unidad, alcanzaremos el punto de equilibrio mediante los trabajos de mantenimiento y preservación. Por ello los costos de mantenimiento y tiempo de paro de los recursos en una empresa orientarán eficazmente a mejorar nuestra atención a los recursos con registro

de paros muy frecuentes, incurriendo con ello en menores costos de paro y mayores costos de mantenimiento, estos valores en el tiempo nos permitirán obtener el costo de operación de las máquinas vitales”⁹.

Al sumar los dos costos nos da el costo total o costo combinado, representado por la tercera curva en el gráfico 2.2. Se observa también que el menor costo total se da cuando el *costo de mantenimiento* es igual al *costo de paro*, por esta razón, para disponer de un nivel óptimo de mantenimiento, se debe brindar cuidados a la máquina, cuyo costo no baje del *costo mínimo de mantenimiento*.

Sin embargo aunque el mantenimiento programado es la respuesta a la productividad de la empresa, el exceso de labores de preservación, sin considerar su impacto en la calidad de servicio del recurso, puede ser contraproducente para los resultados de la empresa, en vista que aumentan los costos de mantenimiento y disminuye su confiabilidad junto al incremento del tiempo de paro.

2.1.3 CONCEPTO DE SERVICIO Y SU CALIDAD

“El mantenimiento debe enfocarse al servicio que proporciona la máquina y no a la máquina misma, ya que la importancia del servicio es la razón de ser de las máquinas, y que éstas deben recibir atención desde el punto de vista de su preservación para que cumplan con su ciclo de vida para lo que

⁹ Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, Resumen pág. 127-130

fueron diseñadas, y que por lo que respecta al servicio que ofrecen, debe dársele mantenimiento.

Si consideramos que el establecimiento de mercados con diferentes expectativas, define la calidad y tipo de productos o servicios que se desean ofrecer, y a su vez las empresas intentan satisfacer a estos mercados con la calidad requerida, podemos concluir que la calidad está determinada por el cliente, basada en su experiencia real con un producto o servicio” ¹⁰.

“Por lo tanto la calidad del producto o servicio se define como la resultante total de las características del producto y servicio de mercadotecnia, ingeniería, fabricación y *mantenimiento*, mediante las cuales el producto o servicio en uso satisfará las esperanzas del cliente” ¹¹

2.1.3.1 MAQUINA Y SERVICIO

- “Se entiende por máquina a todo artefacto capaz de transformar un tipo de energía en otro.
- Las máquinas nos proporcionan satisfactores humanos (productos), que pueden calificarse como servicios.
- La máquina es un medio y el servicio es el fin, entonces la razón de ser de las máquinas es el servicio que proporcionan.

¹⁰ Libro. “La productividad en el mantenimiento industrial”, Resumen pág. 6

¹¹ Definición: Para el personal de mantenimiento existen dos clientes, el interno, que es el operario de la máquina; y el externo, que recibe el producto final; Tomado del libro: La productividad en el mantenimiento industrial; pagina 6

El análisis de estas premisas indican que la preocupación del departamento de mantenimiento es la de mantener la calidad de servicio que nos proporcionan los equipos, instalaciones y construcciones que componen una planta, y que a éstos los limpiamos, aceitamos, corregimos, ajustamos, reparamos preservamos con respecto a la calidad de servicio que esperamos obtener, para que la empresa entregue el producto en la cantidad y calidad establecidos”¹².

2.1.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

“Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, para garantizar que la calidad de servicio que proporcionan, permanezca dentro de los límites establecidos. Los trabajos de mantenimiento preventivo deben aplicarse *exclusivamente a los recursos vitales e importantes*, a fin de conseguir resultados eficaces y económicos”.

2.1.4.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo tiene mucha relación con la productividad por ser programable, de este mantenimiento se derivan otros tipos representativos de mantenimiento, que pueden aplicarse dependiendo de su grado de confiabilidad y en función de su costo, como se indica a continuación:

¹² Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, Resumido pág. 17-18

a. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

“Es un procedimiento de diagnóstico permanente que permite detectar con anticipación la posible pérdida de la calidad de servicio proporcionada por un equipo.

Sus objetivos:

- **Protección preventiva de las personas y recursos físicos *Vitales*.**
- **Maximización de la efectividad de las máquinas.**
- **Reducción de los costos de mantenimiento asociados a los costos de paros”¹³.**

Sus componentes en tiempo real y en forma automática:

Se consigue mediante la utilización de elementos de control electrónicos y software, por ejemplo transductores (captadores y sensores), concentradores de datos, sistemas de transmisión, computadora e interfase hombre máquina.

b. MANTENIMIENTO PERIODICO

“Este procedimiento indica la atención periódica rutinaria, a fin de realizar pruebas y cambio de partes por término de vida útil o fuera de especificación, luego de determinadas horas de funcionamiento del equipo.

¹³ Fuente: Libro “Manual del Ingeniero industrial; Tomo III; Pág. 132

Para realizar un buen trabajo es necesario hacer una planeación previa, basándose en la información proporcionada por el fabricante, en la estadística de fallas, trabajos realizados anteriormente, puntos de vista del personal de mantenimiento y operación, aplicados al conjunto del recurso, subsistemas y partes, a fin de determinar su importancia y probabilidad de falla. Este mantenimiento recupera los niveles de confiabilidad requeridos para los recursos, calificados como vitales, por su costo elevado”¹⁴.

c. MANTENIMIENTO PROGRESIVO

Este tipo de mantenimiento determina la atención del recurso por partes, optimizando su atención cuando se dispone de tiempo. Puede dividirse la atención progresiva en los subsistemas, haciendo los estudios de trabajo necesarios para reponer su confiabilidad, sin embargo los cambios de piezas se harán solamente cuando presenten fallas.

Por este motivo el mantenimiento progresivo es el menos costoso de todos, pero también es el que proporciona menor confiabilidad.

d. MANTENIMIENTO TECNICO

El mantenimiento técnico resulta de la combinación de los criterios sobre el mantenimiento periódico y progresivo.

¹⁴ Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, Resumen pág. 38-39

En el mantenimiento periódico el recurso debe disponer de un tiempo ocioso suficiente para repararlo o un recurso de reserva, en el mantenimiento progresivo estamos a la expectativa de tiempos ociosos cortos y aleatorios que aproximadamente coincidan con nuestras fechas programadas.

El mantenimiento técnico atiende al recurso por partes y en la fecha programada, el analista calcula y se basa en la información que permita conocer el grado de confiabilidad en conjunto de los subsistemas y partes, esto permite deducir el tiempo para fallar de cada etapa, lo cual define la rutina del técnico de mantenimiento y su atención antes del tiempo para fallar.

2.1.4.2 PARTICULARIDADES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

“Para que las labores de mantenimiento preventivo en los equipos vitales generen resultados económicos y eficaces, se deben elaborar rutinas de mantenimiento, tomando en cuenta el grado de confiabilidad del servicio que esperamos del recurso, y las particularidades de cada uno de los mantenimientos como indica la tabla 2.2 (Particularidades del mantenimiento preventivo).

TABLA 2.2

PARTICULARIDADES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

TIPOS DE MANTENIMIENTO	CARACTERISTICAS	REQUISITOS PARA SU APLICACION
PREDICTIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico permanente. (Automático). • Trabajos realizados sólo cuando el caso lo requiere. • Costo elevado de implementación • Altamente confiable y económico 	<p>Es necesario disponer de un equipo automático de diagnóstico y de alta confiabilidad y seguridad en la operación. <i>Reemplazar con un equipo redundante, de reserva o disponer de tiempo ocioso a fin de no afectar al servicio.</i></p>
PERIODICO	<ul style="list-style-type: none"> • Se cambian partes por término de vida útil o fuera de especificaciones. • Frecuencia de rutina basada en horas trabajadas. • Poco económico, sin embargo es confiable. 	<p>Necesita alta confiabilidad. Importante, saber la vida útil de partes vitales para prever su cambio. <i>Reemplazar con un equipo redundante, de reserva o disponer de tiempo ocioso a fin de no afectar al servicio.</i></p>
TECNICO	<ul style="list-style-type: none"> • Mediana confiabilidad y economía. • Frecuencia de rutina basada en horas trabajadas. • Se cambian partes por término de vida útil o fuera de especificaciones 	<p>Requerir mediana confiabilidad. Disponer de estadísticas reales para análisis seguros. <i>Reemplazar con un equipo redundante, de reserva o disponer de tiempo ocioso a fin de no afectar al servicio.</i></p>
PROGRESIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Es muy económico pero poco confiable. • Frecuencia de rutina basada por disponibilidad de tiempo ocioso. • Se cambian partes, sólo cuando están fuera de especificaciones. 	<p>Disponer frecuentemente de tiempos ociosos cortos del equipo. Disponer de relación de fallas, recomendaciones del fabricante, para fijar fechas tentativas de atención. Requerir poca confiabilidad.</p>

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, Pág. 54

2.1.4.3 PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Generalmente se elaboran mapas de programa maestro para prevenir fallas en los equipos, uno para mantenimiento preventivo con períodos iguales o superiores al trimestre, con desmontaje total ó parcial del equipo, otro para mantenimientos de rutina, con lapsos de tiempos inferiores al trimestre, sin desconexión del equipo, en el que se hace una descripción resumida de la actividad a ser ejecutada, y otro tercer mapa para lubricación que indiquen las partes del equipo a lubricarse, tipo de lubricante, cantidad de lubricante a ser

adicionado, número de puntos a lubricarse, tipo de servicio como adicionar, analizar, cambiar y la periodicidad de lubricación en semanas o meses

2.1.5 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

Considerando que el mantenimiento productivo promueve el trabajo, donde siempre se mantienen unidos el hombre, la máquina y la empresa, se establecen los siguientes objetivos:

- Implementar en el propio lugar de trabajo mecanismos de prevención de pérdidas, consiguiendo el cero accidente, el mínimo de defectos y el mínimo de fallas para minimizar el costo del ciclo de vida del sistema de producción.**
- Mejorar la calidad de los equipos, mediante la maximización de su eficiencia y de su ciclo de vida útil**
- Disponer de la participación de todo el elemento humano, desde el nivel directivo hasta los operadores de primera línea.**
- Establecer el compromiso de todos los departamentos, partiendo por el de producción y extendiéndose a los demás departamentos**
- Optimizar la calidad de servicio del personal (operadores, técnicos e ingenieros).**

2.2 EL SISTEMA DE GESTION Y EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

2.2.1 SISTEMA, GESTION Y MANTENIMIENTO

Partiendo del aspecto de organización de empresas, “*Sistema* se define como, “un conjunto de elementos que interactúan y se relacionan para alcanzar objetivos definidos”, *Gestión*, “es un conjunto de acciones que existen para dirigir actividades coordinadas y controlar una organización”¹⁵, la fusión de éstas definiciones nos indica que un sistema de gestión, se conformará de varios elementos, que ninguno, por sí solo, puede dar un resultado válido y sin desviaciones.

Las definiciones anteriores aplicadas al mantenimiento, se pueden centrar en la *Gestión de la función Mantenimiento*, partiendo de un enfoque de sistema de todas las funciones de la organización que interactúan con la función mantenimiento y tomando en cuenta que el éxito, como se puede observar en el gráfico 2.3 “triángulo de la gestión de mantenimiento”¹⁶, depende de los procesos referidos a los elementos de la *Gestión de los Recursos Materiales (GRM)*, *Gestión de Stock (GS)* y de las “*Estrategias de Mantenimiento*”¹⁷ (EM) a emplear.

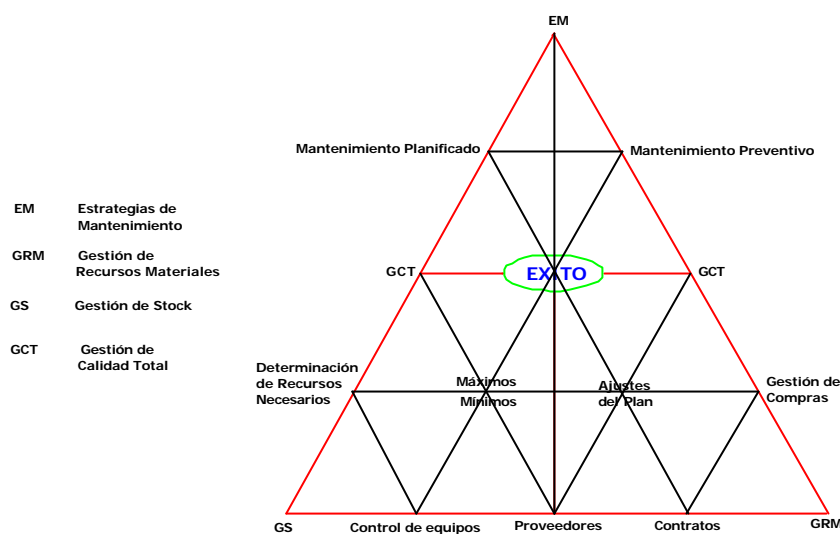
¹⁵ Fuente: Definiciones dadas por las Normas ISO-9000

¹⁶ Fuente: <http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldoes/ger/trigeshtm.htm>

¹⁷ Táctica que permite proyectar y dirigir las operaciones de mantenimiento

GRAFICO 2.3

TRIANGULO DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: <http://www.gestiopolis.com/reursos2/documentos/fulldoes/ger/trigeshtm.htm>

Un análisis metodológico del gráfico nos indica que en la base del triángulo se colocan los elementos que forman la base del análisis a realizar, así tenemos los recursos de entrada globales, que son los encargados de comenzar el proceso de la organización, y a partir de ellos se obtiene los subprocesos y se completa la organización. El vértice superior del triángulo en análisis es el resultado o proceso-resultado parcial de lo analizado.

Por ello, el gráfico 2.3 nos indica que si el análisis empieza en las estrategias de mantenimiento, éstas definen en gran medida la forma de enfrentar las labores de mantenimiento junto a los elementos de gastos de los materiales y el tipo de mantenimiento preventivo a aplicarse (labores ejecutadas

para evitar alguna *no conformidad* y mantener la calidad de servicio preestablecida), sin embargo si la no conformidad ocurre se debe tomar una medida correctiva a la *no conformidad*, por medio del mantenimientos correctivos o planes de contingencia.

2.2.2 SISTEMA DE INFORMACION DE MANTENIMIENTO

ANALISIS Y DIAGNOSTICO

La implementación de éste sistema empieza con la investigación de las necesidades de los usuarios y con la evaluación de criterios para la recolección de datos, en función de los tipos de informes deseados. “Esta etapa se la conoce como análisis y diagnóstico del área de mantenimiento”¹⁸. En esta etapa intervienen especialistas en:

- Gerente de mantenimiento
- Planificación
- Análisis de sistemas
- Usuarios de los servicios de mantenimiento
- Proyectos
- Compras
- Capacitación
- Seguridad Industrial

¹⁸ Ver capítulo I, punto 1.1.3 Situación actual del área de mantenimiento

Estos participantes intervienen ampliamente o limitadamente con poder de decisión en sus niveles de acción, a fin de que el sistema desarrollado alcance los objetivos, junto a la confiabilidad y los costos involucrados.

SOFTWARE DE MANTENIMIENTO

“El software de mantenimiento es un sistema informatizado adecuado para auxiliar la gestión y ejecución del mantenimiento. Dependiendo de los recursos a ser invertidos en la informatización del sistema de gestión del mantenimiento, la selección del software se basa en la experiencia del personal de la empresa y asesoría especializada, de ésta manera se empieza el proceso de informatización con el Análisis y Diagnóstico de la situación de la empresa, que a más de definir las necesidades de cambios de la organización, fomentará el cambio de paradigmas en todas las áreas de la empresa.

Los objetivos del sistema informatizado de mantenimiento son:

- Proporcionar informaciones que permitan obtener aumento en la rentabilidad.**
- Utilización más eficiente del recurso humano y materiales disponibles.**
- Mejora en el desempeño y confiabilidad de los equipos”¹⁹.**

¹⁹ Fuente: Libro: “Administración moderna del mantenimiento”; Resumen Pág. 32-36

TABLAS DE CODIFICACION

“Los actuales sistemas de gestión utilizan el establecimiento de procedimientos de codificación, o sea, el uso de tablas para cumplir con los objetivos comunes de las áreas productivas.

El uso de la computadora en el almacenamiento y tratamiento de la información genera mayor importancia a la codificación en dos aspectos:

- a. Búsqueda de mayor rapidez de procesamiento (rendimiento del sistema)**
- b. Necesidad de condensar y correlacionar informaciones en un número reducido de símbolos, junto a la estandarización de las formas de expresión.**

Por lo tanto los atributos básicos de los archivos obtenidos mediante la utilización de las tablas son:

COMPACTO.- Los archivos son de menor tamaño, aumenta la rapidez del procesamiento. Para la dimensión ideal del código se deben analizar el límite de los caracteres necesarios para la identificación de todos los elementos y el tipo de identificación a utilizarse.

ESTANDARIZADO.- Correlación de informaciones semejantes. Las palabras que tienen el mismo significado deben ser codificadas según el mismo conjunto de símbolos.

Generalmente se establecen alrededor de más de 30 tablas que definen los siguientes parámetros:

- **Tipo de equipo**
- **Fabricante**
- **Localización física (ubicación)**
- **Sistema operacional**
- **Periodicidad**
- **Recursos humanos**
- **Sector responsable del mantenimiento**
- **Curvas y efectos de las intervenciones, etc.”²⁰**

2.2.3 HERRAMIENTAS PARA ADMINISTRAR EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

2.2.3.1 INDICE ICGM (RIME)

“El índice ICGM (índice de clasificación para los gastos de mantenimiento), que en los EUA se lo llama RIME (Ranking index for maintenance expenditure) es una herramienta que nos ayuda a clasificar los

²⁰ Fuente: Libro “Administración moderna del mantenimiento”; Resumen Pág. 46-51

gastos de mantenimiento, interrelacionando los equipos, instalaciones y construcciones sujetos a mantenimiento, con la clase o tipo de trabajo a desarrollar en ellos. Por este motivo el ICGM tiene dos factores”²¹:

a. CODIGO MAQUINA

Identifica los recursos por atender (equipos, instalaciones y construcciones).

b. CODIGO TRABAJO

Identifica cada tipo de trabajo por realizar en los recursos. Por lo tanto:

El índice ICGM = Código máquina x Código trabajo

Este índice se lo aplica en:

- **Jerarquización de las labores de mantenimiento, en función de su importancia relativa.**
- **Elaboración racional del presupuesto anual de los gastos de mantenimiento.**

²¹ Fuente: Libo “La productividad en el mantenimiento industrial”, Resumen pág. 98-100

- **El código máquina induce en la clasificación de los recursos de la empresa, determinando si son vitales, importantes y triviales, definiendo con esto el tipo y cantidad de mantenimiento que se les debe proporcionar.**

2.2.3.2 ELABORACION DEL INDICE ICGM SIMPLIFICADO

“Se siguen los siguientes pasos:

- 1. Se estructura un comité conformado por personas de mantenimiento, producción y finanzas, conocedoras de las funciones de mantenimiento, hasta elaborar el ICGM.**
- 2. Se realiza un inventario, de todos los recursos a ser atendidos, para conseguir el buen funcionamiento de la empresa.**
- 3. El comité realizará juntas a fin de analizar los recursos inventariados y asignarles un valor en función de su importancia relativa para la productividad y calidad del producto con respecto a los demás recursos, con ello obtenemos el *código máquina*, clasificándolo con una puntuación del 1 al 10, sin embargo la tabla 2.3 (Criterios para la elaboración del código máquina), nos ayuda a tener una idea más clara en la elaboración del código máquina.**

TABLA 2.3

CRITERIOS PARA LA ELABORACION DEL CODIGO MAQUINA

CODIGO MAQUINA	CONCEPTO
10	RECURSOS VITALES.- Los que influyen en más de un proceso, o su falla genera un problema, que la alta dirección de la empresa no puede correr riesgos. Ejemplo líneas de distribución de vapor, gas, aire, calderas, hornos, subestación eléctrica.
9	RECURSOS IMPORTANTES.- Los que sin embargo de estar en la línea de producción, su función no es vital, aunque si ellos el equipo vital no opera adecuadamente, también no existen máquinas redundantes o de reserva, como montacargas, grúas frigoríficos, transportadores de material hacia las líneas de producción, etc.
8	RECURSOS DUPLICADOS SITUADOS EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN.- Similares a los de código máquina (9), pero de los cuales existe recursos de reserva.
7	RECURSOS QUE INTERVIENEN EN FORMA DIRECTA EN LA PRODUCCIÓN.- Un ejemplo de estos recursos son los dispositivos de medición para control de calidad, equipos de prueba, equipos para manejo de materiales, máquinas de inspección, y otros similares.
6	RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCION SIN REEMPLAZO.- Son los equipos de aire acondicionado, para los sitios de pruebas, equipos móviles y para suministro de materiales en almacén.
5	RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCION CON REEMPLAZO.- Equipos similares a los de código máquina (6), pero que si tienen recursos de reemplazo.
4	RECURSOS DE EMBALAJE Y PINTURA.- Son los compresores, inyectores de aire, máquinas de pintura de acabado final, todo que no sea imprescindible para la producción, y además tenga reemplazo.
3	EQUIPOS GENERALES.- Como por ejemplo las unidades de transporte de materiales o productos, camionetas de carga, unidad refrigeradora, equipos de recuperación de desperdicios, etc.
2	EDIFICIOS PARA LA PRODUCCIÓN Y SISTEMAS DE SEGURIDAD.- Alarmas, pasillos, almacenes, calles y estacionamientos.
1	EDIFICIOS E INSTALACIONES ESTETICAS.- Todo lo que no participa directamente en la producción, ejemplo: jardines, campos deportivos, sanitarios, fuentes, etc.

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”; Pág. 103

- 4. Establecer un código trabajo que pueda adaptarse según las necesidades de la empresa. La tabla 2.4 (Criterios para la elaboración del código**

trabajo), nos muestra los criterios más sobresalientes para valorar este código.

TABLA 2.4

CRITERIOS PARA LA ELABORACION DEL CODIGO TRABAJO

CODIGO TRABAJO	DESCRIPCION DE TRABAJOS
10	PAROS: Lo que se debe ejecutar para atender las causas de pérdida de servicio de la calidad esperada de las máquinas, instalaciones, y construcciones vitales e importantes; trabajos de seguridad que evitan pérdidas humanas y afecciones a la integridad física de las personas.
9	ACCIONES PREVENTIVAS URGENTES: Trabajos enfocados a eliminar los paros y conceptos del punto anterior (10) a seguir en inspecciones, pruebas, avisos de alarmas, etc.
8	TARBAJOS DE AUXILIO A PRODUCCION: Modificaciones enfocadas a optimizar la producción ó generadas por cambio o mejoramiento de producto.
7	ACCIONES PREVENTIVAS NO URGENTES: Trabajo enfocado a eliminar a largo plazo los paros o conceptos del punto (10); lubricación,, desviaciones con consecuencias a largo plazo, trabajos para eliminar o reducir una labor repetitiva, entre dos.
6	ACCIONES PREVENTIVAS GENERALES: Trabajo enfocado a eliminar paros, acciones preventivas no urgentes, también donde no se hayan visualizado fallas.
5	ACCINES RUTINARIAS: Trabajos en máquina ó equipos de repuesto, en herramientas de mantenimiento y en rutinas de seguridad.
4	ACCIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD: Todo trabajo enfocado a optimizar los resultados de producción y de mantenimiento.
3	ACCIONES DE DISMINUCION DEL COSTO: Todo trabajo enfocado a minimizar los costos de producción y de mantenimiento, no considerado en ninguna de las categorías anteriores, por ejemplo: mejora del factor de potencia eléctrica en la empresa, disminuir la temperatura de la caldera en épocas de verano, etc.
2	ACCIONES DE SALUBRIDAD Y ESTATICA: Los trabajos enfocados a asegurar la salubridad y conservación de muebles e inmuebles, donde el personal de limpieza no puede intervenir, por riesgos ó delicadeza del equipo, por ejemplo: pintura, aseo ó desinfección de lugares en subestación eléctrica, sala de computación, y otros.
1	ACCIONES DE ASEO Y ORDEN: Trabajos relacionados a la distribución de herramientas y aseo de las instalaciones del departamento de mantenimiento.

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”; Pág. 104

Por último se debe tomar en cuenta que los códigos de ICGM no son constantes durante toda la vida de las máquinas, ya que pueden tener cualquier cambio que aumente o disminuya la importancia y calidad de servicio que proporcionan’²²

2.2.3.3 ANALISIS DE PROBLEMAS

El análisis de problemas requiere la investigación de las causas que producen el efecto del problema, y para ello es necesario jerarquizarlos mediante el uso de las siguientes herramientas:

a. DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO

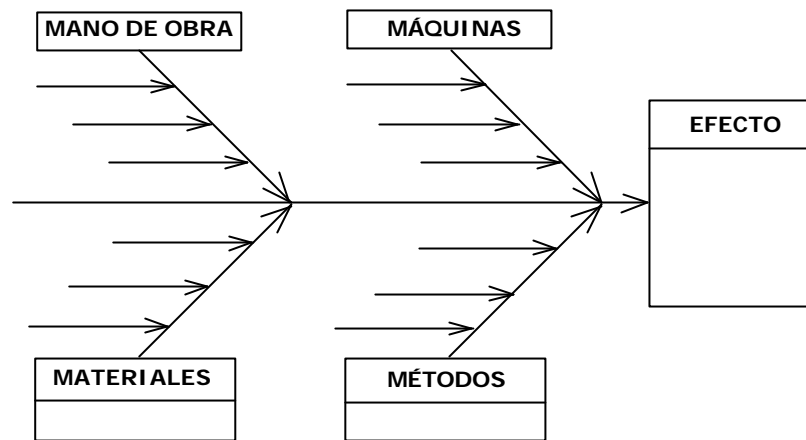
El término *Kaisen*²³, aplicado a una situación que deseamos corregir, requiere nuestra ocupación del resultado de los eventos, lo que significa el análisis de un efecto ocasionado por varias causas. El gráfico 2.4 (Diagrama causa-efecto), nos muestra las causas que deben ser analizadas para conseguir una idea muy exacta de lo que produjo dicho efecto.

²² Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, Resumen pág. 101-106

²³ Pensamiento positivo del japonés Masaaki Imai, es la mejora continua de toda actividad humana; Tomado del libro: Administración moderna del mantenimiento; página 110

GRAFICO 2.4

DIAGRAMA CAUSA – EFECTO (ISHIKAWA)



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “Guía de control de calidad”

“El diagrama Causa-Efecto nos ayuda a conocer las causas que se relacionan con el efecto por analizar. A este diagrama se lo conoce también como *Diagrama Ishikawa* ó *Espina de Pescado*. El gráfico 2.4 (Diagrama Causa-Efecto) nos indica que cada espina puede significar una o más causas menores agrupadas en las causas básicas, sin embargo, las causas básicas pueden ser diferentes ó en mayor o menor número al observado en dicho gráfico”²⁴.

b. PRINCIPIO DE WILFREDO PARETO

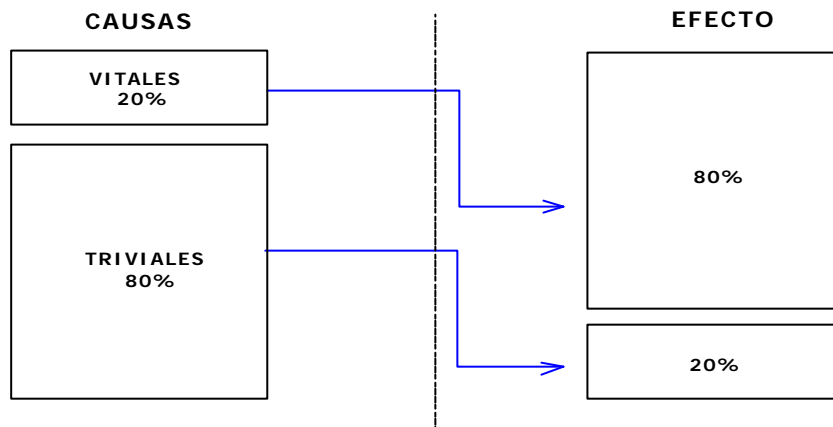
“Este principio descubre que el efecto ocasionado por varias causas tiene una tendencia bien definida que se interpreta así: *“aproximadamente el*

²⁴ Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, Resumen pág. 110

20% de las causas originan el 80% del efecto, mientras que el 80% de las causas restantes originan el 20% del resto del efecto” La repetición de éste fenómeno con una aproximación aceptable, permite aplicarlo prácticamente y en cualquier momento. El gráfico 2.5 (Representación gráfica del principio de W. Pareto), nos indica un ejemplo gráfico de éste enunciado.

GRAFICO 2.5

REPRESENTACION GRAFICA DEL PRINCIPIO DE W. PARETO



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, pág..112

Las causas que originan el 80% del efecto se los llama *causas vitales* y a las restantes se los denomina *causas triviales*, adicionalmente entre las fronteras de ambas causas existe una pequeña zona de causas que sin ser vitales ni triviales, se las denomina *causas importantes* o de transición”²⁵.

²⁵ Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, Resumen pág.112

Seguidamente se indican los ocho pasos a seguir para aplicar el principio de W. Pareto:

- 1. Identificar el efecto que deseamos analizar como el objetivo por alcanzar.**
- 2. Realizar una lista de las causas responsables del efecto, indicando el valor de contribución de cada una.**
- 3. Asignar al efecto completo el valor del 100% y determinar el porcentaje relativo de contribución de la causa, rigiéndose en el valor individual.**
- 4. Ordenar las causa de mayor a menor, basándose en su contribución y llenar la tabla de datos.**
- 5. Elaborar el diagrama de Pareto y con su apoyo analizar el problema.**
- 6. Identificar las causas vitales, tomar acciones correctivas de manera cuidadosa y específica (cada acción vital separadamente).**
- 7. Identificar las causas importantes o de transición y tomar acciones globales.**
- 8. Identificar las causas triviales y posfechar su solución para cuando haya oportunidad de ejecutarla.**

2.2.3.4 INVENTARIO JERARQUIZADO DE MANTENIMIENTO

Para obtener el inventario jerarquizado de mantenimiento (vital, importante y trivial), se puede combinar el código máquina con el principio de Pareto. La forma de repartir éste inventario está influida por las características específicas de cada empresa y por el nivel de desarrollo que tenga el personal responsable del presente estudio.

2.2.3.4.1 NIVELES DE MANTENIMIENTO

“El principio de Pareto nos ayuda a obtener los siguientes niveles de mantenimiento:

“1º Recursos vitales: Estos son los recursos físicos indispensables en el buen funcionamiento de la empresa, proporcionan un servicio vital, y su paro o demérito en su calidad de funcionamiento pone en peligro la vida de las personas ó dificulta el desarrollo de las actividades de la empresa hasta un límite que se supongan pérdidas de imagen o económicas, que la alta dirección no esta dispuesta a afrontar, en este caso es importante el diseño de rutinas programadas de mantenimiento muy exigentes, junto a otras acciones preventivas como la instalación de equipos redundantes y el uso de un sistema de mantenimiento predictivo en tiempo real.”²⁶

²⁶ Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, Pág. 124-125

“2° Recursos importantes: Son los equipos, instalaciones o construcciones, cuyo paro o demérito en su calidad de servicio origina molestias de importancia como costos de consideración para la empresa, a estos elementos se los debe diseñar rutinas programadas normales de mantenimiento, considerando la parte económica de la calidad de servicio que deben generar.

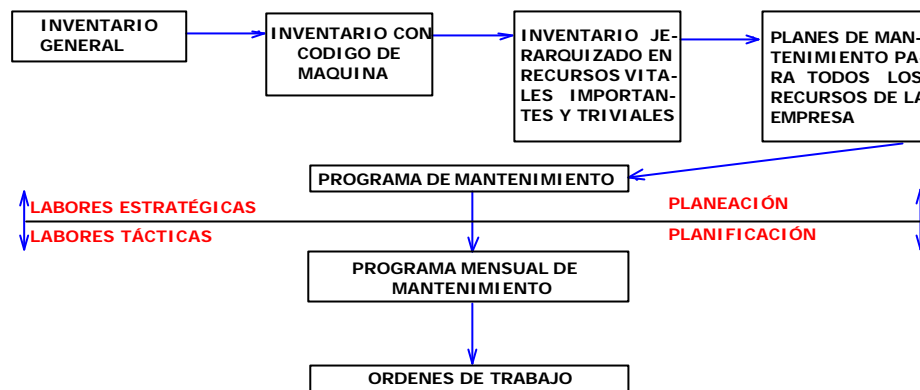
3° Recursos triviales: El paro ó demérito en su calidad de servicio no tiene un impacto importante para el buen funcionamiento de la empresa, sin embargo deben atenderse tomando en cuenta el concepto de mantenimiento programado.

Por lo tanto la jerarquización de los recursos a mantener nos permite racionalizar ordenadamente la planeación del mantenimiento en toda la empresa como se observa en el gráfico 2.6 (Diagrama de flujo de la planeación del mantenimiento)”²⁷.

²⁷ Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”, Resumen pág. 125-126

GRAFICO 2.6

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANEACION DEL MANTENIMIENTO



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “La productividad en el mantenimiento industrial”

2.2.4 AMBIENTE INTEGRAL

“El ambiente integral se define como el conjunto de *entidades* que pueden influenciar un sistema o una unidad productiva.

En la práctica, el ambiente integral debe ser limitado por fronteras específicas, establecidas arbitrariamente según el problema o de acuerdo a los objetivos planteados.

2.2.4.1 ENTIDADES

Son un conjunto de objetos, sujetos y elementos descritos por una serie de parámetros denominados atributos, como por ejemplo: los elementos físicos

de un sistema de vapor (*calderos, intercambiadores, tuberías, válvulas, trampas, etc.*).

2.2.4.2 ATRIBUTOS

Se entiende por atributos, a las propiedades que pertenecen a una entidad, como por ejemplo: las propiedades de los elementos de un sistema de vapor (*capacidad y tipo del caldero, intercambiador, tuberías, válvulas, trampas, y demás características técnicas que identifiquen a los elementos que conforman dicho sistema*).

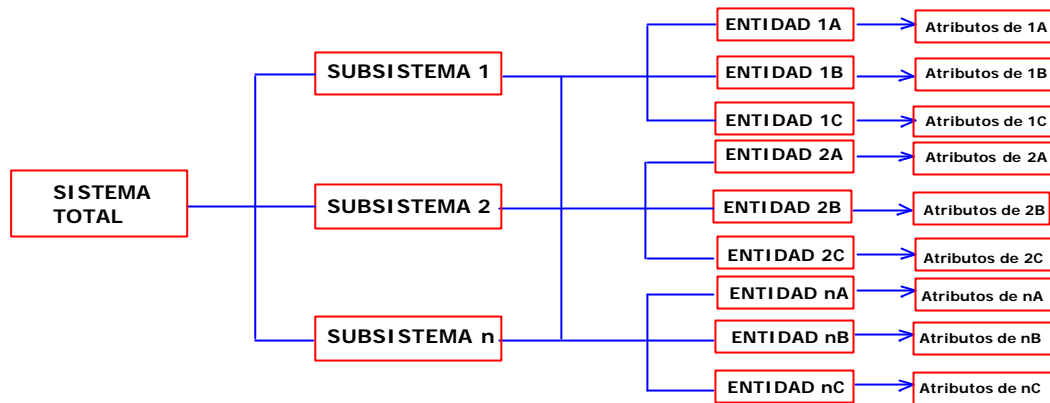
2.2.5 SISTEMA TOTAL

Es un conjunto de entidades relacionadas entre sí por vínculos o atributos, como indica el gráfico 2.7 (Elementos de un sistema total), con el objeto de lograr predeterminados objetivos, dentro de un margen de limitaciones específicas. Por ello, un elemento independiente no es un sistema total *cuando se lo trata aisladamente*, de la misma manera si un conjunto de elementos no están relacionados entre sí, no se puede tratar como un sistema total”²⁸.

²⁸ Fuente: “Apuntes de mantenimiento industrial”; Ing. Luis Hidalgo; S/P

GRAFICO 2.7

ELEMENTOS DE UN SISTEMA TOTAL



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: UTE, Apuntes de mantenimiento industrial

2.2.5.1 ESTUDIO DE SISTEMA TOTAL PARA MAQUINAS

“Un estudio de sistema total es un análisis detallado de los *subsistemas* que conforman el sistema total, las *entidades* de los subsistemas y los *atributos* que representan a las diferentes entidades. Por lo tanto a las máquinas, equipos o instalaciones se los debe considerar como sistemas constituidos de subsistemas y elementos factibles de someterse a un estudio detallado”²⁹.

²⁹ Fuente: UTE, Apuntes de mantenimiento industrial, Ing Luis Hidalgo, S/P

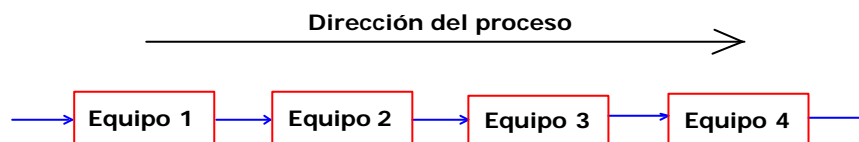
2.2.6 ASOCIACION DE EQUIPOS EN LA INDUSTRIA

En la industria podemos asociar los equipos de tres maneras:

a. ASOCIACION DE EQUIPOS EN SERIE

“Los equipos se encuentran asociados de esta manera, cuando el producto que sale de un equipo necesariamente tiene que continuar su proceso en el siguiente equipo, como indica el gráfico 2.8 (Asociación de equipos en serie) por lo tanto existe un sólo camino para esto.

GRAFICO 2.8
ASOCIACION DE EQUIPOS EN SERIE



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: DATASTREAM[®], Folleto “Análisis de fallas”

CARACTERISTICAS:

- **Cuando falla cualquiera de los equipos falla todo el sistema**
- **Al fallar cualquiera de los equipos, la eficiencia del sistema se reduce a cero**
- **La productividad del sistema está limitada a la productividad y eficiencia del equipo con menor capacidad³⁰.**

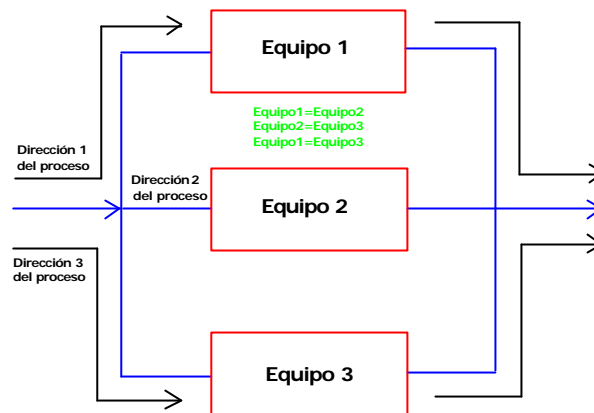
b. ASOCIACION DE EQUIPOS EN PARALELO

"Un grupo de máquinas están asociadas en paralelo cuando existen algunas opciones para que el producto sea igualmente tratado después de un proceso anterior, es así que las características del proceso, requieren que los equipos sean necesariamente iguales, como se observa en el gráfico 2.9 (Asociación de equipos en paralelo).

³⁰ Fuente: UTE, Apuntes de mantenimiento industrial, Ing Luis Hidalgo, S/P

GRAFICO 2.9

ASOCIACION DE EQUIPOS EN PARALELO



Asociación de equipos en paralelo

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: DATASTREAM[®], Folleto “Análisis de fallas”

CARACTERISTICAS:

- El sistema tiene bajísimas probabilidades de salir de funcionamiento o de parar el proceso de producción.
- Cuando falla un equipo la eficiencia del sistema disminuye, pero jamás llega a cero.
- La productividad del sistema depende de la capacidad y de la eficiencia del conjunto”³¹.

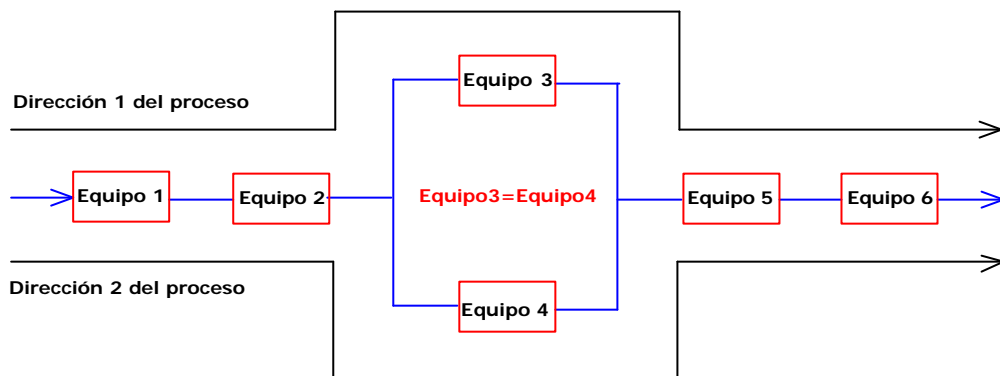
³¹ Fuente: UTE, Apuntes de mantenimiento industrial, Ing Luis Hidalgo, S/P

c. ASOCIACION DE EQUIPOS EN FORMA MIXTA

“Esta forma de asociación se presenta, cuando existe una combinación de los dos tipos de asociación en serie y en paralelo, como se observa en el gráfico 2.10 (Asociación de equipos en forma mixta).

GRAFICO 2.10

ASOCIACION DE EQUIPOS EN FORMA MIXTA



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: DATASTREAM®, Folleto “Análisis de fallas”

CARACTERISTICAS:

- El sistema tiene mayores probabilidades de falla cuando el proceso utiliza los equipos asociados en serie, y disminuye la probabilidad de falla cuando en el proceso requiere de los equipos dispuestos en paralelo.

- **“Las características generales de esta forma de asociación, en cierta forma resulta ser la combinación de las características mencionadas anteriormente”³².**

2.3 PARAMETROS DE MANTENIMIENTO

“Son variables susceptibles a cambios que generalmente se utilizan para indicar cada uno de los elementos relacionados con la efectividad del sistema de mantenimiento.

2.3.1 EFECTIVIDAD DEL SISTEMA

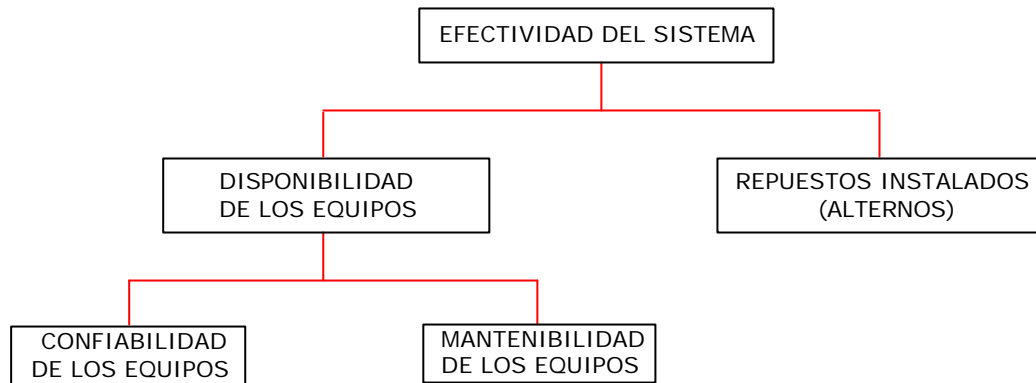
Es la probabilidad de que un determinado sistema opere en toda su capacidad, durante un período calendario dado, en el gráfico 2.11 (Esquema de parámetros del mantenimiento), se indica qué componentes en la efectividad del sistema se los deben analizar para optimizar el mantenimiento”³³.

³² Ver punto 2.2.6 Asociación de equipos en la industria - Características de la asociación de equipos en serie y Características de la asociación de equipos en paralelo.

³³ Fuente: UTE, Apuntes de mantenimiento industrial, Ing Luis Hidalgo, S/P

GRAFICO 2.11

ESQUEMA DE PARAMETROS DEL MANTENIMIENTO



Elaborado por. Pablo Anaguano

Fuente: “Apuntes de mantenimiento industrial”, UTE

2.3.2 REPUESTOS INSTALADOS

“Son las máquinas o equipos instalados en la línea como recursos alternos para ser utilizados cuando el equipo primario no se encuentre disponible.

2.3.3 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

Es la probabilidad de que un equipo o una máquina se encuentren disponibles para su uso, durante un período calendario dado”³⁴.

2.3.4 CONFIABILIDAD $P_s(t)$

Es obvio que si los equipos ó las máquinas no fallaran, no existiría la necesidad de proporcionar en ellos labores de mantenimiento.

Matemáticamente, la confiabilidad se define como:

La probabilidad de que un equipo no falle mientras proporciona un servicio de calidad dentro de los parámetros preestablecidos y durante un determinado tiempo.

Por ello, los programas de mantenimiento eficaz se fundamentan en las estadísticas de falla, y se lo definen conociendo los *mecanismos de falla* (causas de fallas).

2.3.4.1 CONFIABILIDAD DE SISTEMAS

La confiabilidad de un sistema depende de la confiabilidad de cada uno de sus componentes, por ello cuando aparece una falla se puede establecer la

³⁴ Fuente: UTE, Apuntes de mantenimiento industrial, Ing Luis Hidalgo, S/P

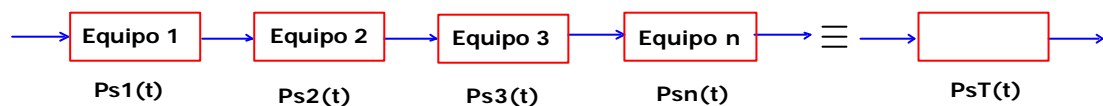
manera de cómo se afectará el sistema, dependiendo de la forma de asociación de dichos componentes dentro del sistema:

a. CONFIABILIDAD DE UN SISTEMA EN SERIE

“La confiabilidad de un sistema de equipos asociados en serie, matemáticamente es igual al producto de las confiabilidades de cada uno de sus componentes. Por lo tanto mientras mayor sea el número de componentes en el sistema como indica el gráfico 2.12 (Confiabilidad de un sistema en serie), menor será la confiabilidad de todo el sistema.

GRAFICO 2.12

CONFIABILIDAD DE UN SISTEMA EN SERIE



$$PsT(t) = Ps1(t) * Ps2(t) * Ps3(t) * \dots * Psn(t)$$

Donde:

PsT(t) = Confiabilidad total del sistema

Ps1(t) = Confiabilidad del equipo 1

Ps2(t) = Confiabilidad del equipo 2

Ps3(t) = Confiabilidad del equipo 3

Psn(t) = Confiabilidad de los n equipos del sistema

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: “Apuntes de mantenimiento industrial”, UTE

Características de la confiabilidad de un sistema en serie

- Al fallar uno de los elementos, falla todo el sistema.
- La confiabilidad final de un sistema en serie es menor que la confiabilidad de cualquiera de sus componentes.
- El sistema se vuelve menos confiable”³⁵.

b. CONFIABILIDAD DE UN SISTEMA EN PARALELO

“Para un sistema con equipos asociados en paralelo, su confiabilidad es la participación de cada uno de ellos dentro del sistema, sin embargo el mismo puede funcionar cuando al menos funciona uno de sus elementos.

Matemáticamente, el término complementario de la confiabilidad de un sistema, es la *desconfiabilidad* $P's(t)$ del mismo. Por lo tanto la suma entre la confiabilidad $Ps(t)$, y la desconfiabilidad $P's(t)$, da un valor de confiabilidad máxima igual a la unidad.

Entonces, si: $Ps(t) + P's(t) = 1$

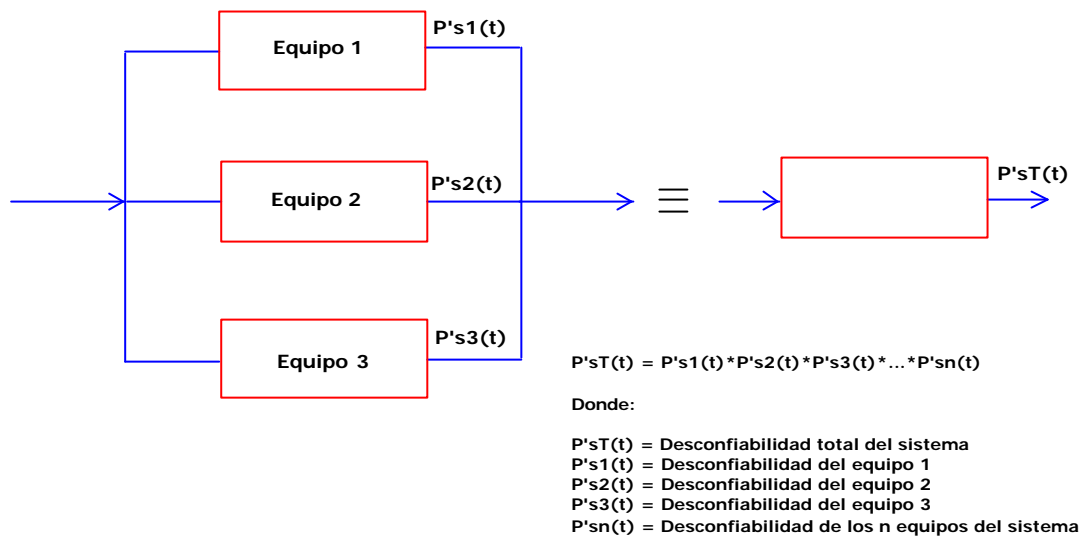
Obtenemos que, La confiabilidad de un sistema en paralelo $Psn(t) = 1 - P'sT(t)$

³⁵ Fuente: UTE, Apuntes de mantenimiento industrial, Ing Luis Hidalgo, S/P

El gráfico 2.13 (Desconfiabilidad de un sistema en paralelo), nos indica que la desconfiabilidad del sistema es igual al producto de las desconfiabilidades de cada uno de sus elementos:

GRAFICO 2.13

DESCONFIABILIDAD DE UN SISTEMA EN PARALELO



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: “Apuntes de mantenimiento industrial”, UTE

Características de la confiabilidad de un sistema en paralelo

- La confiabilidad del sistema de los equipos asociados en paralelo, aumenta respecto de las confiabilidades de cada uno de sus componentes.
- El sistema se vuelve más confiable.

- **Un conjunto de elementos iguales asociados en paralelo proporcionará la máxima confiabilidad, mientras que la asociación de equipos en serie la mínima confiabilidad’** ³⁶.

2.3.4.2 ANALISIS DE FALLAS

“El análisis de fallas es una función muy importante ya que al aparecer la falla, se debe determinar su causa, para prevenir futuras ocurrencias, mejorar el desempeño de los recursos, y retroalimentar el sistema de planificación y programación del mantenimiento. Por lo tanto el análisis de fallas de los equipos, considera al estudio de la confiabilidad $P_s(t)$, como al estudio de las fallas de los equipos” ³⁷.

FALLA

Cese de la capacidad de una “entidad” ³⁸ **para continuar con su función específica designada.**

2.3.4.2.1 CLASIFICACION DE LAS FALLAS

“Se clasifican de acuerdo con:

³⁶ Fuente: UTE, Apuntes de mantenimiento industrial, Ing Luis Hidalgo, S/P

³⁷ Fuente: DATASTREAM® Folleto “Análisis de fallas”, Resumen Pág. 5-6

³⁸ Ver punto 2.2.4.1 Entidades

a. La función afectada

a.1. Falla mayor o crítica: Afecta las funciones principales de la entidad.

a.2. Falla parcial: Afecta alguna de las funciones, pero no a todas,

a.3. Falla reducida: Afecta al elemento, sin perder su función principal y secundaria.

b. El tiempo de permanencia

b.1. Falla crónica: Afecta al elemento sistemáticamente, ó permanece por mucho tiempo, por ello hay que eliminarlas rompiendo paradigmas de operación y mantenimiento, ésta falla puede ser del tipo crítica, parcial ó reducida.

b.2. Falla esporádica: El elemento se afecta de manera aleatoria, por lo tanto se debe investigar, controlar y analizar, esta falla puede ser del tipo crítica ó parcial.

b.3. Falla transitoria: El elemento es afectado en un tiempo limitado, pero nuevamente recupera la capacidad para continuar con su función designada, sin antes haber realizado ninguna labor de mantenimiento”³⁹.

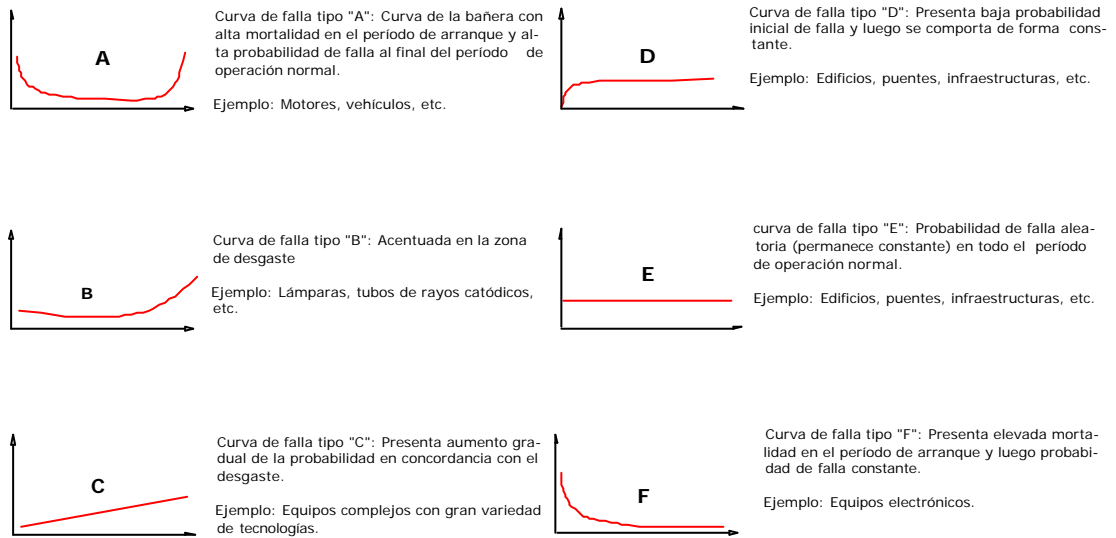
³⁹ Fuente: DATASTREAM® Folleto “Análisis de fallas”, Resumen Pág. 11-14

2.3.4.2.2 CURVAS QUE CARACTERIZAN LA FALLA

Se debe considerar que las curvas del gráfico 2.14 (Tipos de curvas que caracterizan la falla), generalmente son representativas de los recursos (equipos, instalaciones y construcciones), de una planta industrial, sin embargo en el análisis de la falla, también se deben tomar en cuenta factores como: riesgo al a seguridad y al medio ambiente, producción, tipo de mantenimiento, tipo de tecnología, período de vida en el que se encuentran dichos recursos, etc.

GRAFICO 2.14

TIPOS DE CURVAS QUE CARACTERIZAN LA FALLA



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: DATASTREAM®, Folleto "Análisis de fallas"

2.3.4.2.3 DEFINICION DE PRIORIDADES EN LAS FALLAS

Para definir prioridades se utilizan tres criterios básicos:

- **Criterio de Ocurrencia (O):** Se relaciona con la frecuencia de la falla.
- **Criterio de Severidad (S):** Es el grado de impacto de la falla, en términos monetarios.
- **Criterio de Detección (D):** Es la facilidad para detectar la falla.

Sin embargo para definir los criterios de ocurrencia y de severidad es necesario hacer referencia a las tablas 2.5 ‘Probabilidad de ocurrencia de la falla’⁴⁰ y 2.6 ‘Clasificación de severidad’⁴¹ respectivamente.

TABLA 2.5

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA FALLA

Clasificación de frecuencia	Descripción de la frecuencia
1	No se espera que ocurra durante la vida útil de la instalación.
2	Se espera que ocurra al menos una vez cada uno a cinco años.
4	Se espera que ocurra al menos una vez cada mes a un año.
8	Se espera que ocurra al menos una vez al mes.

Elaborado por : Pablo Anaguano

Fuente: DATASTREAM®, Folleto “Análisis de fallas”

⁴⁰ Valores de la tabla 2.5 (Probabilidad de ocurrencia de la falla) son de carácter orientativos.

⁴¹ Valores de la tabla 2.6 (Clasificación de severidad) son de carácter orientativos.

TABLA 2.6

CLASIFICACION DE SEVERIDAD

Clasificación	Medio Ambiente	Pérdida de producción	Daños a equipos o instalaciones
1	Daño potencial mediano	Menos de 1 hora	Menos de US\$ 1000
2	Sin problema de tipo legal o mediático	Entre 1 hora y 8 horas	De US\$ 1000 a 5000
4	Con problemas de tipo legal o mediático	Entre 8 horas y 24 horas	De US\$ 5000 a 50 000
8	Problema de tipo mediático Nacional i Internacional	Más de 24 horas	Más de US\$ 50 000

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: DATASTREAM®, Curso“Análisis de fallas”

Haciendo uso de los valores de las tablas 2.5 y 2.6 se puede categorizar las fallas y ponderar la prioridad de las mismas de la siguiente manera:

Categorización las fallas

Prioridad = Ocurrencia x Severidad

1-4	8	16	32-64
<i>Insignificante a menor</i>	<i>Moderado</i>	<i>Alto Riesgo</i>	<i>Riesgo Crítico</i>

Ponderando la prioridad de las fallas

- **1-4** Debajo de un riesgo menor, no se toma ninguna acción.
- **8** Debajo de un riesgo moderado, se debe ejecutar alguna acción.
- **16** Debajo de un alto riesgo, se deben tomar acciones. Se realiza una evaluación específica para implementar mejoras específicas.

- 32 – 64 Debajo de un riesgo crítico, se deben realizar cambios significativos del sistema. Modificaciones en el diseño y optimización de la confiabilidad de cada uno de los componentes.

2.3.4.3 DISTRIBUCION EXPONENCIAL

Existen modelos matemáticos para realizar el estudio de confiabilidad, sin embargo para el presente estudio se ha seleccionado la distribución exponencial.

Sabemos que la derivada de una función de densidad de probabilidad con respecto a:

$$t = -I$$

$$\text{luego: } f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = I \ell^{-It}$$

Sin embargo, se considera que la rata o tasa de fallas es constante, y se hace la siguiente analogía:

$$f(t) \rightarrow Ps(t) \quad \text{Confiabilidad}$$

$$I \rightarrow R(t) \quad \text{Rata ó tasa de fallas}$$

$$\text{Por consiguiente: } Ps(t) = \ell^{-R(t)t}$$

$$P' s(t) = Pf(t) = \text{Desconfiabilidad} = 1 - \ell^{-R(t)t} -$$

PROPIEDADES DE LA DISTRIBUCION EXPONENCIAL

- **Tiempo promedio entre fallas** $TPEF = \frac{1}{R(t)}$
- **$R(t)t =$ Número esperado de fallas en el intervalo de cero a t horas con una rata de fallas $R(t)$**
- **La rata o tasa de fallas en un sistema en serie son aditivas: $R(t)_3 = R_1(t) + R_2(t) + R_3(t)$**
$$R(t)T = R_1(t) + R_2(t) + R_3(t)$$
- **Los tiempos promedios entre fallas no son aditivos.**

2.3.4.4 TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (TPEF)

Matemáticamente el tiempo promedio entre fallas es la relación entre el total de horas de operación y el número de corridas. Este índice debe ser usado para elementos que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

$$TPEF = \frac{\text{Total de horas operables}}{\text{Número de corridas}}$$

Sin embargo, por lo indicado en el punto 2.3.4.3.1 (Propiedades de la distribución exponencial), también el tiempo promedio entre fallas es igual a:

$$TPEF = \frac{1}{R(t)}$$

2.3.4.5 TASA DE FALLAS R(t)

A la tasa o rata de fallas se la define como la probabilidad de falla casi inmediata de un equipo de edad (t). Usualmente a la tasa de fallas se la mide en (fallas/hora).

Por ejemplo: $R(100) = 0.9$

Significa que existe un 90% de probabilidad condicionada de que un equipo falle exactamente en 100 horas de funcionamiento, es decir cuando dicho equipo ha proporcionado un servicio de calidad dentro de los parámetros preestablecidos durante 99 horas 59 minutos y 59 segundos.

2.3.5 MANTENIBILIDAD

Es la probabilidad de que un equipo pueda ser reparado dentro de un período de tiempo dado, considerando que deben mantenerse las condiciones de trabajo. La mantenibilidad está caracterizada por el tiempo promedio para reparar (TPPR), el cual se define como: Efectividad para restituir el equipo a condiciones óptimas de operación una vez que se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

Matemáticamente, el tiempo promedio para reparar es igual a:

$$TPPR = \frac{N^{\circ} \text{ total de horas inoperables}}{N^{\circ} \text{ de acciones de mantenimiento}}$$

Sin embargo la mantenibilidad considera las facilidades que prestan los recursos (equipos, instalaciones y construcciones) industriales para ser mantenidos, lo que implica la realización de las labores de mantenimiento, sin mayores dificultades, por ello mantenibilidad es conservación (mantenimiento y preservación), con facilidad y el mantenimiento del servicio que proporciona el recurso es el objetivo del mantenimiento.

2.3.5.1 PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN LA MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad depende de los siguientes factores:

- 1. EQUIPOS:** Considerando que una planta industrial es dinámica, los equipos deben ser fácilmente desmontables.
- 2. MODULARIDAD:** Los sistemas deben estar dispuestos en forma de módulos, para que pueda ser fácilmente mantenidos y reparados.

3. **ESTANDARIZACION:** Este parámetro ayuda a conservar la originalidad de sus componentes, cuando los mismos son cambiados.
4. **PROCEDIMIENTOS PARA UBICACIÓN DE FALLAS:** Es recomendable regirse a los puntos 2.2.5 (Sistema total), 2.2.6 (Asociación de equipos en la industria) y 2.3.4.2 (Análisis de fallas), que posibilite en el menor tiempo posible la localización de averías.
5. **EQUIPOS DE PRUEBA:** Estos ayudan a efectuar las labores de mantenimiento y reparación en función del tipo de mantenimiento.
6. **ACCESIBILIDAD:** Son las facilidades que un sistema debe presentar para montar y desmontar partes del mismo, para poder intervenir en mantenimiento.
7. **EQUIPOS DE LEVANTAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES:** Se utilizan con equipos grandes en tamaño y peso, estos equipos de levantamiento aceleran el tiempo de trabajo y mantienen la seguridad.

8. ***AMBIENTE:*** Se refiere al orden, limpieza y disciplina del personal técnico, que posibilite la ejecución de una labor técnica y segura.

9. ***POLITICA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO:*** Ayudan a que los equipos proporcionen un servicio de calidad en un mayor tiempo posible, cuando el equipo se encuentra en el período de operación normal.

10. ***DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS:*** Permite continuidad en el proceso productivo, siempre y cuando se mantengan dentro de un stock mínimo, sobre todo para los repuestos con alta tasa de rotación.

11. ***ESPACIO DE TRABAJO:*** Permite el desarrollo eficaz y seguro de las labores de mantenimiento.

12. ***DESTREZA DE LOS TECNICOS:*** El equipo multidisciplinario y especializado, posibilita un servicio de calidad hacia los clientes internos.

13. ***NUMERO DE TECNICOS:*** Depende de la cantidad y complejidad de las máquinas y equipos, que ayuden en el cumplimiento de programas de mantenimiento.

14. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE TRABAJO: Se refiere al control en la calidad de servicio que proporciona la máquina, como al control en la calidad de servicio brindado por del personal técnico de mantenimiento.

2.3.5.2 DISEÑO DE MANTENIBILIDAD

“El diseño de mantenibilidad se refiere a la parte del diseño que suministra los detalles y las funciones que permiten la facilidad, rapidez, precisión y economía, con que un recurso (equipo, instalación o construcción) en la industria, pueda seguir proporcionando un servicio de calidad (mantener en operación), o restaurada para cumplir con dicho objetivo”⁴².

2.4 BASE DE DATOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

2.4.1 INVENTARIO Y REGISTRO

“Se recomienda iniciar con la recopilación de datos, con la identificación de los recursos que conforman la instalación industrial, su localización y utilidades. A esta información se le denomina *Inventario* y guarda relación con la función del equipo, centro de costos ubicación física en el área de producción, lo cual ayuda al dimensionamiento de los equipos de operación y mantenimiento, asignación del personal, definición de instrumentos, herramientas y máquinas para el taller de mantenimiento.

⁴² Fuente: UTE, Apuntes de mantenimiento industrial, Ing Luis Hidalgo, S/P

Sin embargo un registro debe tener el mayor número de datos posibles de los equipos mediante formularios o pantallas estandarizadas, que al ser archivados adecuadamente, facilitan el acceso rápido a cualquier información, para mantener, comparar y analizar condiciones operativas, por esta razón un registro por sistema manual, como en los sistemas automatizados o por computadora, puede requerir criterios de arreglo de la información archivada.

Las opciones de agrupación de la información objetiva, puede permitir un análisis de:

- a. *Agrupación por tipo de equipo*
- b. **Agrupación por línea de producción**
- c. **Agrupación por ubicación física o por área.**
- d. **Agrupación por importancia operacional**
- e. **Agrupación por unidad de producción, etc.**

Adicionalmente el registro debe tener para cada equipo, los datos de construcción, de compra, de origen, de transporte y almacenamiento, de operación y de mantenimiento”⁴³.

2.4.2 INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO Y SUGERENCIA DE SEGURIDAD

⁴³ Fuente: Libro “Administración moderna del mantenimiento, Resumen Pág. 52-61

Estas nos permiten normalizar los servicios de las actividades programadas del mantenimiento, se recomienda desarrollar instrucciones de mantenimiento, para evitar que alguna tarea sea omitida por desconocimiento u olvido como indica la tabla 2.6 (Modelo de instrucción de mantenimiento). Las instrucciones deben ser desarrolladas con la ayuda del personal técnico de ejecución de mayor experiencia, catálogos, manuales y recomendaciones del fabricante.

Generalmente a cada línea de instrucción se le denomina *tarea*, por ello cada instrucción de mantenimiento es un conjunto de tareas. Además se recomienda estimar el tiempo de ejecución en horas-hombre, el cual se lo conoce como *tiempo patrón*.

TABLA 2.7

MODELO DE INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO

INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO		CODIGO DE
INSTRUCCION		
EQUIPO:		TIPO DE ACTIVIDAD:
SECTOR:		TIEMPO PATRON:
INSTRUCCIONES		
Instrucción N° 1		
Instrucción N° 2		
Instrucción N° 3		
Instrucción N° 4		
Etc.		

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “Administración moderna del mantenimiento”

Las instrucciones de mantenimiento pueden ser de carácter genérico o específico, en función del nivel de detalle deseado, la primera no detalla los puntos de ejecución de cada etapa de la tarea que describe, mientras que la segunda, indica en forma detallada las tareas a ser ejecutadas, generalmente útil, sólo para el equipo para el cual fue elaborado.

Para complementar las instrucciones de mantenimiento, se debe disponer de los archivos de *recomendaciones de seguridad*, que deben estar asociados a la naturaleza del equipo, y que sirven para evitar, actos inseguros, cuando se realizan labores de mantenimiento, o las mismas en condiciones inseguras.

2.4.3 ORDEN DE TRABAJO

Es la fuente de las actividades realizadas por el personal de ejecución de las labores de mantenimiento, debe incluir el tipo de actividad, prioridad, falla o defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, recursos humanos y materiales utilizados y demás datos que permitan evaluar la eficiencia del mantenimiento mediante costos y programación.

Las Órdenes de Trabajo (OT) son específicas para cada tipo de empresa, sin embargo existen datos muy comunes que deben formar parte de la orden de trabajo como:

Número consecutivo; Tipo de mantenimiento; Prioridad; Forma de actuar de los instrumentos de supervisión; Implicación en la producción; Tiempo de indisponibilidad del equipo; Duración real del mantenimiento.

2.4.4 DATOS DE OPERACIÓN

Los datos de operación permiten el procesamiento de los informes de gestión de equipos y costos, básicamente constan de horas de funcionamiento de los equipos por período de control, pérdida o reducción de la producción debido al mantenimiento y el número de referencia de la orden de trabajo, como indica la tabla 2.8 (Modelo de formulario de datos de operación).

Los registros de los datos de operación deben ser realizados por los propios operadores, para posteriormente disponer directamente de los bancos de datos de operación.

TABLA 2.8

MODELO DE FORMULARIO DE DATOS DE OPERACION

DATOS DE OPERACION														
UNIDAD DE PRODUCCION (O SERVICIO) MM/AA											MES /AÑO:			
N° de Orden	ITEM	Prior	Tiempo de Funcionamiento		INDISPONIBILIDAD						Pérdidas Debido a Manten.	N° de la (OT)	OBSERVACION	
			Hora	Min.	INICIO			TERMINO						
					Día	Hora	Min.	Día	Hora	Min.				

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro “Administración moderna del mantenimiento”, Pág. 82

2.4.5 REGISTRO DE MEDICION

El registro de los valores de las mediciones realizadas, durante el mantenimiento de los equipos vitales y de algunos importantes, para los cuales se debe analizar el uso de variables, para la implementación del control predictivo del mantenimiento hay que estandarizar mecanismos de registro específico, para que los valores resultantes de la medición puedan ser procesados. Por ello cada equipo debe disponer básicamente de los siguientes puntos de monitoreo y parámetros que permitan dar continuidad en los resultados:

- N° de OT.
- Equipo.
- Parámetros de medición (ubicación, holguras, valor esperado, valor medido).
- Parámetros de desgaste (ubicación, holguras, valor esperado, valor medido).
- Parámetros después de intervenir en mantenimiento (valor esperado, valor medido).
- Control de lubricación (Completar, cambiar, analizar)
- Ejecutante, encargado, supervisor, etc.

Se debe considerar que los resultados prácticos en el seguimiento de la variación de las variables de un equipo, a fin de implantar el análisis de síntomas no son inmediatos, sin embargo se recomienda empezar con equipos calificados como importantes para no comprometer el proceso productivo, ya que los resultados se generan a partir de varios años de seguimiento.

2.5 EVALUACION DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO

2.5.1 INFORMES DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

Estos informes se caracterizan por ser concisos y específicos, formados por tablas de índices, algunos acompañados de gráficos proyectados, de acuerdo

a cada nivel de gestión. Se recomienda empezar con la *gestión de equipos*, o sea, el desempeño de los mismos, principalmente de los vitales e importantes.

La simplicidad de los informes depende de los registros de inventario, datos de operación y las órdenes de trabajo.

2.5.1.1 GESTION DE EQUIPOS

“La gestión de equipos se identifica básicamente con los siguientes índices:

- *Tiempo medio entre fallas (TMEF)*.- Relación entre el producto del número de ítem (*NIT*) por sus tiempos de operación (*HOP*) y el número total de fallas ocasionadas en esos ítem (*NTMC*), en el período analizado. Este índice es utilizado para ítem que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

$$TMEF = \frac{NIT * HOP}{\sum NTMC}$$

- *Tiempo medio para reparación (TMPR)*.- Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítem con falla (*HTMC*) y el número total de fallas detectadas en esos ítem, en el período analizado (*NTMC*). Este índice se lo usa para ítem en los cuáles el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.

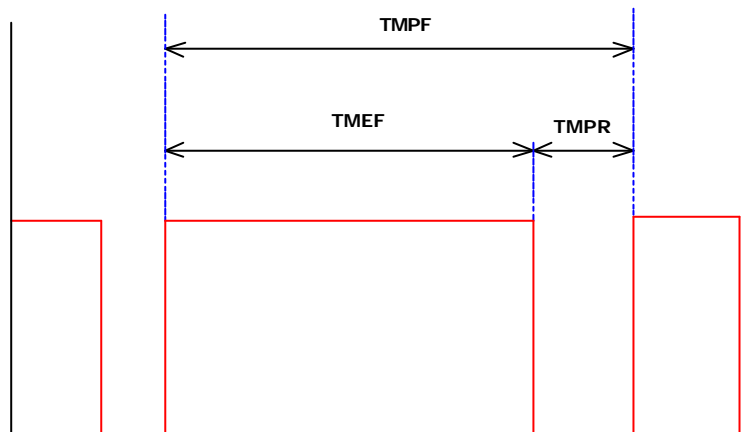
$$TMPR = \frac{\sum HPMC}{NTMC}$$

- **Tiempo medio para la falla (TMPF).**- Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítem no reparables (HOP) y el numero total de averías detectadas en esos ítem (NTMC), en un período analizado. Este índice debe usarse para ítem que son sustituidos después de la ocurrencia de una avería. En el gráfico 2.15 (Interpretación gráfica de los índices TMPF, TMEF y TMPR), se observan claramente estos índices.

$$TMPF = \frac{\sum HOP}{NTMC}$$

GRAFICO 2.15

INTERPRETACION GRAFICA DE LOS INDICES TMPF, TMEF, TMPR



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: DATASTREAM®, Curso“Análisis de fallas”

- **“Disponibilidad de equipos (DISP).-** Cuando los equipos son sometidos a la reparación de fallas, el cálculo de su disponibilidad se obtiene mediante la relación entre el tiempo medio entre fallas (*TMEF*), y la suma entre el tiempo medio para reparación (*TMPR*), y los tiempos ineficaces del mantenimiento (tiempos de preparación para desconexión y reconexión, y tiempos de espera que pueden estar contenidos en los *TMEF*, ó en los *TMPR*).

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} * 100$$

Además de estos índices se puede mejorar la evaluación de criterios de intervención y su proceso de gestión, a través de los siguientes índices.

- **Tiempo medio entre mantenimientos preventivos (TPEP).-** Es la relación entre el producto del número de ítem (*NIT*) por sus tiempos de operación (*HOP*), con relación al número total de intervenciones preventivas (*NTMP*) en un período analizado.
- **Tiempo medio para intervenciones preventivas (TPMP).-** Es la relación entre el tiempo total de intervención preventiva en un conjunto de ítem (*HTMP*) y el número total de intervenciones preventivas en esos ítem (*NTMP*), en un período observado”⁴⁴.

⁴⁴ Fuente: Libro “Administración moderna del mantenimiento”, Pág. 94-95

Sin embargo, ya que los índices presentan un resultado promedio, su exactitud está asociada a la cantidad de ítem observados y al período de observación, por ello a mayor cantidad de datos, mayor será la precisión en la expectativa de sus valores.

2.5.1.2 GESTION DE COSTOS

- a. *“Costo de mantenimiento por facturación (CMF).-* Este costo se calcula mediante la relación entre el costo total de mantenimiento (*CTM*) y la facturación de la empresa en el período que se hace el análisis (*FEP*).

$$CMF = \frac{CTM}{FEP} * 100$$

- b. *Costo de mantenimiento por el valor de reposición (CMVR).-* Este índice implica la relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo (*CTM*), y el valor de compra del mismo equipo nuevo ó valor de reposición (*VR*)”⁴⁵.

$$CMVR = \frac{\sum CTM}{VR} * 100$$

⁴⁵ Fuente: Libro “Administración moderna del mantenimiento”, Pág. 92-93

2.6 MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO (MTP)

2.6.1 PRINCIPIOS BASICOS DEL MTP

“El mantenimiento total productivo no es mas que la traducción del TPM® (Total Productive Maintenance). Este es un sistema de mantenimiento industrial, desarrollado en Japón a partir del concepto de mantenimiento preventivo, creado en las industrias de los Estados Unidos.

El término MTP tiene los siguientes enfoques:

La letra *M* representa acciones de *management* y *mantenimiento*. Este enfoque nos ayuda a realizar actividades relacionadas con dirección y transformación de la empresa.

La letra *T* deriva la palabra *total*, la cual se entiende como todas las actividades que hacen todas las personas que trabajan para la empresa.

La letra *P* tiene relación con la palabra *productivo* ó *productividad* de los equipos, y se asocia a un significado más amplio de perfeccionamiento.

En una organización industrial, el sistema del MTP se considera como una estrategia que genera capacidades competitivas mediante la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias en los sistemas operativos, por ello este sistema está orientado a lograr:

- **Cero accidentes**
- **Cero defectos**
- **Cero averías”⁴⁶.**

CARACTERISTICAS

Entre las principales tenemos:

- **Acciones de mantenimiento aplicadas a todas las etapas del ciclo de vida del equipo.**
- **Gran participación de todos los empleados de la organización.**
- **Participación significativa de todo el personal involucrado en la operación y producción, en mantenimiento y preservación de los recursos físicos de la planta.**
- **Procesos de mantenimiento fundamentados en la profunda utilización del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.**

El MTP se enfoca a la optimización de dos actividades de dirección:

- **Dirección de las labores de mantenimiento**
- **Dirección de las tecnologías de mantenimiento**

⁴⁶ Fuente: <http://www.monografias.com> “Cómo aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) a industrias”.

2.6.2 LAS 5S (HOUSEKEEPING)

“A partir del desarrollo del MTP, surgió la necesidad de buscar la limpieza y la organización, para mejorar las labores de mantenimiento y del medio ambiente laboral de manera general, de ésta manera la integración de 5 atributos, que en japonés conforman cinco palabras del grupo “5S”, empiezan con la S y significan lo siguiente:

a. SEIRI – ORGANIZACIÓN (UTILIZACIÓN, SELECCIÓN)

Separar las cosas necesarias de las innecesarias, y asignar un destino para aquellas que dejaron de ser útiles en ese ambiente.

b. SEITON – ORDEN (SISTEMATIZACION, ARREGLO)

Guardar las cosas innecesarias, en función de la facilidad de uso, dependiendo de la frecuencia de utilización, peso y tipo del objeto, considerando también una secuencia lógica ya practicada ó fácil de asimilar.

c. SEISO – LIMPIEZA (INSPECCION, CELO)

Eliminar la suciedad, inspeccionando, para descubrir y combatir las fuentes generadoras de problemas. Por ello la limpieza se la realiza como una oportunidad de inspección y de reconocimiento del ambiente, es importante que

la limpieza la lleve a cabo el propio usuario del ambiente o por el operador del equipo.

d. SEIKETSU – ASEO (ESTANDARIZACION, SALUD, PERFECCIONAMIENTO)

Conservar la higiene, cuidando que las etapas de organización, orden y limpieza ya conseguidos no retrocedan (utilizar, normas y procedimientos).

e. SHITSUKE – DISCIPLINA (CONTROL DE SI MISMO, EDUCACION)

Cumplir fuertemente con las normas y demás parámetros establecidos por el grupo. La disciplina es una señal de respeto al prójimo”⁴⁷.

2.6.3 LOS OCHO PILARES DEL MTP

El MTP, se fundamenta en ocho pilares:

1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

“Este pilar establece:

- **Tipos de mantenimiento.- Es la estandarización de las labores de mantenimiento.**

⁴⁷ Fuente: Libro “Introducción al mantenimiento total productivo”, Pág. 56-62

- **Planificación del mantenimiento.-** Sirve para establecer procedimientos adecuados para todas las intervenciones preventivas.
- **Establecimiento de criterios de planificación del mantenimiento.-** Forman parte del programa maestro de mantenimiento preventivo, que correlaciona la periodicidad, cronograma de ejecución de actividades programadas, y cualquier otro dato necesario para un mejor correlacionamiento⁴⁸.
- **Control de repuestos.-** Sirve para establecer de forma concreta los repuestos específicos y no específicos de cada equipo, su consumo y almacenamiento
- **Control del presupuesto de mantenimiento y reducción de costos.-** Ayudan a establecer los informes adecuados para el control de gastos y demás recursos para actividades programadas y no programadas.
- **Control de la lubricación.-** Mediante un programa adecuado de cambio, complemento o análisis de lubricantes.
- **Mantenimiento predictivo y de técnicas de diagnóstico de máquinas.-** Se utiliza para definir métodos y técnicas de seguimiento de sus variables para maximizar el ciclo de vida de los equipos”⁴⁹.

⁴⁸ Ver punto 2.4 Base de datos del mantenimiento productivo

⁴⁹ Fuente: <http://www.monografias.com> “Cómo aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) a industrias”

2 MEJORAS INDIVIDUALES EN LOS EQUIPOS

“Este pilar establece:

- **Condiciones óptimas operativas de los equipos**
- **Eliminar las causas de las pérdidas ocultas mediante el análisis del problema, a cargo del personal especializado.**
- **Evitar los análisis superficiales de los problemas, mediante la eliminación del “yo creo que...”.**

3 PROYECTO MP / LCC (Prevention / Life Cycle Cost)

Este pilar trata de establecer lo siguiente:

- **Analizar la conveniencia de la compra de máquinas más caras, con mayor confiabilidad⁵⁰, mantenibilidad⁵¹, y economía**
- **Un proyecto de mantenimiento preventivo se basa en un análisis del historial del equipo, para determinar mejoras destinadas a la eliminación de problemas futuros y la reducción del costo del ciclo de vida.”⁵²**

⁵⁰ Ver punto 2.3.4 Confiabilidad

⁵¹ Ver punto 2.3.5 Mantenibilidad

⁵² Fuente: <http://www.monografias.com> “Cómo aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) a

industrias”.

4 EDUCACION Y CAPACITACION

Aquí se busca planificar la capacitación de operadores, mantenedores, e ingenieros, para alcanzar los siguientes objetivos:

- **Operadores con capacidad de profesional que puedan realizar rápidamente labores de mantenimiento, (limpieza, lubricación, inspección, medición y pequeños ajustes.**
- **Técnicos mantenedores con capacidad multifuncional.**
- **Ingenieros de producción con capacidad profesional para evaluar, revisar y proyectar equipos con baja necesidad de intervención y alta mantenibilidad.**

5 MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD

En este pilar se busca fundamentar:

- **Evaluación de la interferencia y de la condición operativa del equipo relacionado con la calidad del producto o servicio ofrecido por la empresa.**
- **Estandarización y definición de parámetros de trabajo como indicadores de aquella interferencia, (trabajo en equipo: operación, mantenimiento, ingeniería, calidad y mercadeo).**
- **Continuidad mediante gráficos de los parámetros, y el establecimiento de metas con base en la necesidad del proceso (cliente).**

6 CONTROL ADMINISTRATIVO

Este pilar debe establecer:

- Las “5S” en las áreas administrativas.
- El “Just in time” (justo a tiempo), para las áreas de compras y materiales.
- Las técnicas de optimización de reuniones.

7 MEDIO AMBIENTE, SEGURIDAD E HIGIENE

En este pilar se busca implementar:

- Establecer políticas de prevención del accidente, recomendaciones de seguridad, para luego implementarlas en la orden de trabajo.
- Evaluación del costo directo e indirecto de los accidentes.
- Establecimiento de medidas para obtener la meta de cero accidentes.
- Implantación del Sheiketsu de las “5S”.

8 MANTENIMIENTO AUTONOMO

“Contiene lo siguiente:

- a. Cambio de las malas características ergonómicas del local de trabajo.
- b. Desarrollo de la conciencia “a mi máquina la cuido yo”.

c. Implantación de las 7 fases:

- c.1. Limpieza inicial (Para buscar defectos o averías);**
- c.2. Descubrir causas de la suciedad;**
- c.3. Optimizar la áreas de acceso difícil;**
- c.4. Estandarizar actividades de mantenimiento autónomo;**
- c.5. Capacitación para efectuar inspecciones;**
- c.6. Inspección autónoma;**
- c.7. Organización del área de trabajo”⁵³.**

⁵³ Fuente: <http://www.monografias.com> “Cómo aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) a industrias”.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 DISEÑO DE INVESTIGACION

El presente estudio considera tres criterios de investigación:

3.1.1 PROFUNDIDAD DE ESTUDIO

Las características del estudio, básicamente considera las siguientes variables:

- a. Inventario jerarquizado de recursos.**

- b. Confiabilidad y mantenibilidad de los equipos vitales.**

- c. **Mantenimiento productivo.**

- d. **Costos y gastos de mantenimiento.**

- e. **Recursos disponibles.**

Sin embargo para obtener una completa interrelación de las mismas en espera de los mejores resultados se debe continuar con el estudio de sistema total de todos los equipos vitales de la planta de acuerdo al anexo IV (Cronograma para el estudio de sistema total, Equipos vitales de Life). El estudio realizado en la termoformadora UPS 1020 es el punto de partida y guía para la optimización de todos los recursos vitales programados, a cumplirse en aproximadamente 3 años.

Por estas razones la profundidad del estudio se caracterizó por ser PREDICTIVA, la misma que en el futuro nos ayudará a observar el comportamiento de nuestras variables y al cumplimiento de nuestros objetivos planteados, una vez que ha implementado la propuesta.

3.1.2 CONDUCTA DE LAS VARIABLES ENTRE SI

El criterio de investigación aplicado en el presente estudio fue del tipo CORRELACIONAL, ya que a partir del inventario jerarquizado de recursos de la planta se pudo planificar las labores de mantenimiento de algunos equipos vitales, consecuentemente la ejecución de dichas labores generó un registro de

datos, y que al ser debidamente actualizados correlacionarán eficazmente los índices de mantenimiento de los recursos vitales con las otras variables del estudio¹. Sin embargo los resultados de la correlación entre las variables pueden alterar significativamente los costos y gastos de mantenimiento, considerados también como variables no previsibles ni evitables en su totalidad.

3.1.3 INTERVENCION DEL INVESTIGADOR EN LA INVESTIGACION

Considerando que el estudio requiere la intervención directa del investigador, se utilizó un criterio OBSERVACIONAL.

Adicionalmente el diseño del sistema de gestión para mantenimiento productivo, fundamentó su parámetro de estudio en los equipos vitales, los cuales se consideran como los recursos físicos indispensables que proporcionan un servicio vital y que ayudan a cumplir en gran porcentaje las expectativas en el desarrollo del proceso productivo.

Sin embargo, se debe tener presente que el inventario jerarquizado de recursos, la disponibilidad de los equipos, los planes y programas de producción, los costos y gastos de mantenimiento, considerados como las variables de mayor incidencia en el estudio, pueden ser manipuladas intencionalmente a fin de obtener otros resultados con mayor expectativa, por ello el estudio a cargo del ejecutor del estudio, aplicó un criterio de observación

¹ Ver punto 3.1.1 profundidad del estudio

participativa, empezando por el reconocimiento previo de los problemas y causas.

3.2 METODOS DE INVESTIGACION

3.2.1 OBSERVACION CIENTIFICA

El cumplimiento de los planes y programas de producción, en el presente estudio, estuvo condicionado a la disponibilidad de los equipos vitales, por ello nuestro sistema de gestión del mantenimiento productivo consideró intencionalmente lo que se quería observar. La tabla 4.19 del capítulo IV denominada, (Resumen de los parámetros a ser observados en el estudio), indica los parámetros observados mediante el método de *observación participante* que conlleva a buscar los mejores resultados.

3.2.2 METODO INDUCTIVO

Se determinó que uno de los mayores problemas que aqueja al departamento de mantenimiento tiene relación con la *“falta de continuidad en la optimización de la gestión y ejecución de las labores de mantenimiento para los equipos vitales”*², Inicialmente se atribuyó a las siguientes causas:

² Fuente: Departamento de mantenimiento y centros productivos de Life

- a. **Falta de cumplimiento para la ejecución programada de las tareas de mantenimiento.**
- b. **Disponibilidad desmejorada de los equipos vitales.**
- c. **Falta de planificación de las labores especializadas del recurso humano.**
- d. **Capacitación mínima y básica.**

Para confirmar dichas causas y diseñar las posibles alternativas de solución al problema planteado, una de las actividades más importantes constituyó hacer un análisis crítico constructivo de la situación actual del área de mantenimiento, con la participación de todos los integrantes del departamento de ingeniería y mantenimiento. En éste análisis se resumieron las posibles causas y alternativas de solución que permitieron optimizar la gestión del mantenimiento productivo basado en los equipos vitales.

A continuación se resumen los temas analizados en la reunión:

- **Cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo.**
- **Mejoramiento de las instrucciones de tareas de las órdenes de mantenimiento preventivo.**
- **Actualización permanente de la base de datos (software de mantenimiento MP2), para conseguir los mejores resultados en el sistema productivo y de mantenimiento.**

- **Sistematización entre las áreas de producción, planificación de la producción y mantenimiento, que faciliten el cumplimiento de los programas de producción y mantenimiento.**
- **Racionalización y reorientación del recurso humano técnico y operativo hacia las labores de mantenimiento preventivo y correctivo.**
- **Capacitación constante del recurso humano que permita alcanzar la especialización o poli funcionalidad en los equipos vitales, basado en los principios del (MTP).**

Frente a éstos temas se empezó diseñando y cumpliendo con el programa de mantenimiento preventivo, inspección y lubricación de la termoformadora UPS 1020, se proporcionó asistencia permanente al responsable del equipo en la realización de dichas tareas; una vez implantada la fase de ejecución de dichos programas, el seguimiento fue esporádico, atendiendo exclusivamente a la solución de problemas mayores.

Cabe indicar que, desde el mes de mayo del 2004, en que se empezó a realizar el levantamiento de los parámetros de trabajo del equipo, junto al estudio total de los subsistemas se fue consolidando la metodología a seguir, por ello, la responsabilidad en el cumplimiento de los programas de inspección y mantenimiento preventivo, consecuentemente recayó sobre el técnico especialista de mantenimiento y el operador titular del equipo, bajo la total dirección del ejecutor del presente estudio.

Finalmente la experiencia ganada en el desarrollo del estudio permitió complementar los conocimientos de todas las personas involucradas en el área de producción y mantenimiento que tienen relación con los recursos vitales, complementándose con una metodología teórico-práctico en cuanto a capacitación en temas especializados y desarrollo de habilidades y destrezas.

3.2.3 METODO ESTADISTICO

3.2.3.1 CONTROL ESTADISTICO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

El sistema de control estadístico se generalizó con las siguientes variables de análisis: (*Inventario jerarquizado de recursos*, en donde se definieron los equipos vitales, la variable *disponibilidad de los equipos vitales*, será a futuro la característica más importante del sistema de gestión del mantenimiento productivo).

Sin embargo una de las actividades de mayor incidencia dentro del estudio fue el desarrollo del programa maestro de mantenimiento preventivo para los equipos vitales El estudio de sistema total en los equipos vitales empezó con la *Termoformadora UPS 1020*, jerarquizado como recurso vital del área de penicilinas, al que se le diseñaron los siguientes parámetros:

- Programa anual de inspección.
- Cantidad y costo de material desperdiciado.

- **Calibración de parámetros de trabajo.**
- **Características de los materiales utilizados para emblistado.**
- **Orden de mantenimiento preventivo.**
- **Stock mínimo de repuestos (en software MP2).**
- **Lista para repuestos de importación (luego del estudio de sistema total).**
- **Análisis del uso de materiales.**
- **Lista de precios de todos los productos emblistados (para análisis del uso de materiales).**
- **Costo de materiales para emblistado.**
- **Procedimiento operativo estándar (POE), entre otros.**

Para la realización de estos parámetros fue necesario realizar actividades previas que permitieron su formulación y programación³. Adicionalmente se realizaron visitas técnicas permanentes al equipo de estudio.

Cabe indicar que las acciones referidas a mantenimiento preventivo, son el vínculo directo entre las variables analizadas, que permitirán crear, actualizar, optimizar y registrar a futuro los indicadores del mantenimiento productivo basado en la acción de los equipos vitales.

Adicionalmente, el sistema de control estadístico de la gestión del mantenimiento productivo, considerará a futuro la implementación y control de los siguientes indicadores:

³ Ver tabla 5.2 Actividades planificadas

- 1. Sistema de implantación de análisis de fallas en los equipos vitales.**
- 2. Sistema de capacitación en técnicas de mantenimiento autónomo de los equipos vitales, para que se fundamente la filosofía del mantenimiento autónomo⁴, y para conseguir resultados que permitan implementar el mejor control estadístico.**
- 3. Sistema de costos de mantenimiento, que permita orientar sistemáticamente el presupuesto anual, la capacitación, la reconstrucción de equipos, el mantenimiento preventivo etc.).**

3.3 TECNICAS DE INVESTIGACION

Para la recolección y clasificación de datos del presente estudio, se utilizaron las siguientes técnicas:

3.3.1 ENTREVISTAS

Se realizaron entrevistas espontáneas a las siguientes personas:

- a. *Gerente de ingeniería y mantenimiento y Coordinador de servicios técnicos:***
Para conocer las expectativas acerca del estudio, cobertura, objetivos, alcance y limitaciones durante su desarrollo.

⁴ Ver punto 2.6..3 Los ocho pilares del MTP: Mantenimiento Autónomo

- b. *Gerente de producción:* Se realizaron entrevistas espontáneas tomando en cuenta que los beneficios del estudio a futuro generarán la máxima disponibilidad de los recursos vitales para el mejoramiento de la productividad.
- c. *Supervisor del área de penicilinas:* La entrevista consideró parámetros de disponibilidad deficiente del equipo vital *Termoformadora blister UPS 1020*, junto a las consecuencias que afecta al sistema productivo.
- d. *Supervisores de otras áreas:* En base a entrevistas espontáneas se preguntaron expectativas generales para sus equipos vitales y se dio a conocer los beneficios generales que representa la mantenibilidad y confiabilidad de sus equipos vitales.
- e. *Operador titular de la sección:* A manera de una conversación permanente y dentro de un margen de confianza, y respeto, se definieron las características de operabilidad del equipo, sus partes, problemas, causas y posibles alternativas de solución en el campo de operación y mantenimiento.

3.3.2 CONSULTA A EXPERTOS

Inicialmente, para el reconocimiento de problemas y causas de operación del equipo vital *Termoformadora blister UPS 1020* se busco la asesoría de un operador jubilado que conocía el modo operacional del equipo, sin embargo no se consiguió buenos resultados.

También se buscó la asesoría técnica de los representantes de la marca *Uhlmann* en Ecuador, a cargo de *Hoescht Eteco*, para el reconocimiento y evaluación del sistema y de los repuestos con alta tasa de rotación.

Adicionalmente cabe indicar que está pendiente la visita desde Alemania de un técnico especialista en el equipo y que representa a la empresa *Uhlmann pac system*.

3.3.3 REVISION DE ARCHIVOS

El desarrollo del estudio, básicamente utilizó el software *MP2 para mantenimiento* y ciertos archivos manuales de los equipos vitales.

3.3.4 REVISION DE LITERATURA

Para el desarrollo del estudio se obtuvieron y consultaron libros especializados en el campo de:

- **Mantenimiento industrial**
- **Productividad**
- **Gestión de recursos**
- **Administración**
- **Organización, entre otros**

Sin embargo, se tuvieron también que utilizar documentos oficiales de la empresa, trabajos proporcionados en seminarios, tesis de grado, cuadernos de apuntes de mantenimiento de la universidad, de los cuales se extrajeron información relevante y necesaria que ayudó a solventar las causas de nuestro problema.

3.3.5 OTROS DOCUMENTOS

Se utilizaron también manuales y catálogos de los equipos vitales, planos de partes y repuestos, mecánicos, eléctricos, neumáticos, electrónicos, en especial los manuales de la termoformadora blister UPS 1020, para el estudio prototipo de éste equipo vital.

Para realizar un trabajo en la planta de una manera segura y eficiente se utilizaron documentos internos de la empresa, como: permisos de trabajos seguros, tarjetas de color rojo para indicar peligro, amarillo de advertencia y blanca para indicar desviación de procesos, entre otros.

3.3.6 TRABAJO DE CAMPO

Una de las técnicas más importantes en el desarrollo del estudio fue el trabajo en campo; la solución a los problemas necesitó obligatoriamente de la evaluación e intervención directa a cargo del ejecutor del estudio, especialmente en la termoformadora blister UPS 1020 de la sección penicilinas,

en donde se pudo percibir las diferentes causas y problemas que no permitían conseguir la máxima disponibilidad del equipo.

3.3.7 INTERNET

El desarrollo de la ciencia informática permitió que nuestro estudio utilice el Internet como una técnica para conocer, evaluar y actualizar de mejor manera los diferentes temas relacionados con la gestión del mantenimiento y el mantenimiento total productivo (MTP).

3.4 POBLACION – MUESTRA

Este sistema de gestión del mantenimiento, fundamentó su estudio en los equipos vitales de la planta, para ello se utilizaron algunas herramientas⁵, que permitieron jerarquizar a los equipos de la planta en *vitales*, importantes y triviales.

Cabe indicar que luego de aplicar el principio de W. Pareto, en combinación con el código máquina se inventariaron 503 equipos en la planta, de los cuales aproximadamente el 20% corresponde a los equipos vitales. Sin embargo, se debe mencionar que de acuerdo a la tabla 3.1 (cronograma de estudio total de los equipos vitales), se requiere aproximadamente 3 años para culminar con el estudio total de todos los equipos jerarquizados como vitales.

⁵ Ver punto 2.2.3 Herramientas para administrar el mantenimiento productivo

Por ello, primeramente, fue necesario elegir de manera aleatoria, tres áreas productivas, (*penicilinas, inyectables y empaque*), seguidamente, de cada una de ellas, aplicando un criterio similar y considerando a los equipos vitales, que en los dos últimos años incrementaron su tasa de fallas, se seleccionó un equipo vital, (*termoformadora blister UPS 1020, llenadora selladora macofar y selladora de frascos strunck*) respectivamente.

Finalmente se debe indicar que el estudio prototipo de sistema total, comenzó con la termoformadora blister UPS 1020 del área de penicilinas, por considerarse como un equipo vital que presentaba problemas de desperdicio de material fuera del estándar y un incremento permanente de su tasa de fallas. Para los otros dos equipos vitales, de manera similar y condensada, se han realizado mejoras en cuanto a mantenimiento preventivo, implementándose al mismo tiempo planes y programas para su control y registro en el programa MP2 para mantenimiento.

3.5 CONDICIONES DE PRUEBA

Se determinaron las siguientes condiciones:

- a. *Disminución de los paros no planificados:* Que como consecuencia del comportamiento de la confiabilidad, cuantitativamente se midió a través del número de órdenes generadas para mantenimiento correctivo y cantidad de quejas por la no conformidad del estudio y trabajo realizado.

- b. *Cumplimiento de los programas de producción:*** Que por intervención directa del equipo vital en el proceso productivo, permitió cumplir con los tiempos de entrega, de acuerdo a las fechas programadas.

- c. *Evaluación del sistema de gestión:*** Los supervisores relacionados con los equipos vitales y con la gestión del mantenimiento, evaluaron la gestión del nuevo sistema analizando algunos índices de la gestión de equipos y de la gestión de costos.

3.6 ANALISIS DE LOS DATOS

3.6.1 DIAGRAMA DE PARETO

Esta técnica se utilizó para determinar los equipos vitales de la planta.

3.6.2 HISTOGRAMAS

Permitieron determinar la cantidad porcentual de los recursos jerarquizados en toda la planta.

3.6.3 DIAGRAMAS DE ESPINAS DE PESCADO

Ayudaron en el reconocimiento de las causas relacionadas con el problema general del sistema de gestión del mantenimiento relacionados con la disponibilidad de los recursos vitales.

3.6.4 HOJAS DE VERIFICACION

Estas hojas se utilizaron para empezar a recolectar información y datos generales de los defectos en los procesos productivos, relacionados con los equipos vitales.

CAPITULO IV

TABULACION Y GRAFICA DE LA INFORMACION

4.1 SITUACION DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO ANTES DEL ESTUDIO

4.1.1 PARAMETROS DEL ACTUAL SISTEMA DE GESTION

Para diagnosticar la situación actual de la gestión del mantenimiento, se consideró realizar una observación de los posibles parámetros que aquejan al sistema de gestión. Un previo estudio de los elementos considerados en la tabla 4.1 (Parámetros del actual sistema de gestión), diagnosticó resumidamente los parámetros sobre los que se debe trabajar, y los métodos a seguir para optimizar el nuevo sistema de gestión del mantenimiento productivo.

Los parámetros considerados en la tabla 4.1, actualmente se interrelacionan de una manera muy superficial, es por ello que no se consiguen optimizar los resultados de la gestión de mantenimiento.

Sin embargo, una eficaz interacción de estos parámetros y elementos ayudará al cumplimiento de los objetivos dentro de un real margen de gestión, y acorde a nuestros recursos disponibles.

TABLA 4.1
PARAMETROS DEL ACTUAL SISTEMA DE GESTION

PARAMETRO	PARA QUE	DONDE	COMO
1 Area de mantenimiento. 1.1 Variables inmersas en el estudio.	Observar las posibles causas a los problemas del estudio y relacionarlos con los objetivos específicos del estudio	Departamento de mantenimiento y centros productivos	Diagrama de flujo y procesamiento de la información del departamento de mantenimiento.
2 Software MP2 para mantenimiento. 2.1 Banco de datos de mantenimiento. 2.2 Planes y programas de mantenimiento.	Optimizar las labores e informes de mantenimiento para actualizar y mejorar los registros en el MP2. Mejorar y actualizar los planes y programas relacionados con los equipos vitales.	Departamento de mantenimiento y bodega de repuestos. Centros productivos, Bodega de repuestos. Departamento de mantenimiento, centros productivos	Recopilación y análisis de información. Trabajo de campo y estudio de catálogos e información disponible.
3 Recursos de la planta (Equipos vitales). 3.1 Control de inspección y mantenimiento. 3.2 Repuestos críticos (Stock mínimo). 3.3 Formatos para control de inspección y mantenimiento.	Mantener la calidad de servicio del recurso Eliminar paros no planificados Implantar índices medibles de los equipos vitales.	Equipos vitales Bodega de repuestos Labores de mantenimiento de los equipos vitales, centros productivos.	Estudio de catálogos, y bibliografía especializada Verificación del inventario físico en bodega y comparación en MP2 Bibliografía especializada, entrevistas a operadores, Necesidades, Utilizando formatos desarrollados.
4 Capacitación a técnicos y operadores. 4.1 Situación actual. 4.2 Temas de capacitación.	Incrementar la eficacia del recurso humano. Priorizar temas de	Taller de mantenimiento, sala de capacitación, centros productivos. Sala de capacitación, centros	Charla teórico prácticas, extensión de temas, disponibilidad de tiempo. Dependiendo de las

	capacitación en función de especialización.	productivos.	características de los equipos vitales.
5 <i>Mantenimiento preventivo</i>			
5.1 Planificación y programación del MP.	Definir instrucciones de tareas y frecuencias de intervención.	Departamento de mantenimiento, Bodega de repuestos.	Recopilación y análisis de la información en coordinación con producción y planificación de la producción.
5.2 Mejora e implementación del MP.	Cumplir a tiempo con las órdenes programadas en el tiempo previsto.	Bodega de repuestos (MP2), departamento de mantenimiento.	Seguimiento en el cumplimiento de programas, con asesoría de ejecutores.

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Planta de los Laboratorios Life

4.1.2 RECURSOS FÍSICOS DE LA EMPRESA

Los equipos, instalaciones, y construcciones de la planta, no disponían de un “Inventario Jerarquizado de Mantenimiento”¹ a pesar de que la mayoría de estos recursos físicos, se encontraban inventariados en el software MP2 para mantenimiento.

Por estas razones no se podía planificar eficazmente el mantenimiento en toda la empresa.

Se debe indicar que los recursos físicos inventariados en el “MP2” antes del estudio ascendían a un número de 469 en toda la planta.

¹ Ver capítulo II punto 2.2.3.4 Inventario Jerarquizado de Mantenimiento

4.1.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO VS. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

La tabla 4.2 (Reporte de solicitudes de órdenes de trabajo), resume la cantidad de ordenes de trabajo para varios tipos de mantenimiento, solicitados en el año 2003. Por ello se concluye que tan sólo el 3,90% de órdenes solicitadas son de mantenimiento preventivo, lo cual es un valor muy pequeño comparado con el 72,88% correspondiente a las órdenes solicitadas para mantenimiento correctivo.

En el gráfico 4.1 (Ordenes de mantenimiento correctivo vs. Mantenimiento preventivo-2003), se observa claramente que en el actual sistema de mantenimiento, existe una tendencia dominante del mantenimiento correctivo con relación al mantenimiento preventivo.

TABLA 4.2

REPORTE DE SOLICITUDES DE ORDENES DE TRABAJO 2003

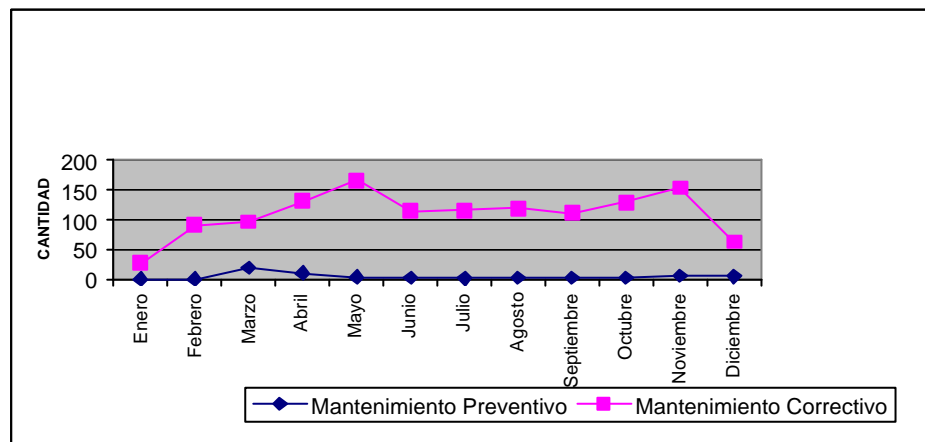
FECHA DE SOLICITUD	MANT. PREVENTIVO	MANT. CORRECTIVO	MANT. DE EDIFICIOS	MANT. GENERAL	SIN CLASIFIC.
Enero	1	27	18	4	15
Febrero	1	91	23	20	107
Marzo	20	76	0	59	0
Abril	11	120	0	44	0
Mayo	5	161	7	42	0
Junio	3	112	0	4	0
Julio	2	114	0	19	0
Agosto	4	115	1	16	0
Septiembre	3	108	0	11	0
Octubre	4	125	0	2	0
Noviembre	7	146	0	6	0
Diciembre	6	57	0	1	0
TOTAL PARCIAL	67	1252	49	228	122
PORCENTAJE (%)	3,90	72,88	2,85	13,27	7,10
GRAN TOTAL	1718				

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: MP2 de mantenimiento

GRAFICO 4.1

ORDENES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO VS. MANTENIMIENTO PREVENTIVO - 2003



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Ingeniería y mantenimiento de Life

4.1.4 PROGRAMACION ACTUAL DEL MANT. PREVENTIVO

TABLA 4.3

**PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A JUNIO DEL 2004
EQUIPOS VITALES**

Nº DE EQUIPO	EQUIPO	UBICACIÓN	FECHA PROGRAMADA	
			DE INICIO	DE TERMINO
ENERO				
001-03	Limpiadora de cápsulas MG2	Penicilinas	22/01/2004	23/01/2004
FEBRERO				
311-76	Reactor bacterinas OLSA 500L1	Biológico	15/02/2004	15/02/2004
311-21	Congeladora Horizontal SO-LOW	Biológico	16/02/2004	17/02/2004
207-17	Reactores de 200 Lts OLSA	Inyectables	24/02/2004	24/02/2004
MARZO				
002-11	Etiquetadora BAUSCH -STROBEL	Penicilinas	10/03/2004	10/03/2004
209-01	Destilador TV-1000	Inyectables	17/03/2004	17/03/2004
104-19	Reactor tanque TONAZZI	Empaque	25/03/2004	26/03/2004
206-07	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°1	Inyectables	25/03/2004	26/03/2004
207-10	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°2	Inyectables	25/03/2004	26/03/2004
208-01	Filtro ERTEL	Inyectables	25/03/2004	26/03/2004
208-12	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°3	Inyectables	25/03/2004	26/03/2004
001-04	Compactadora Rágranuladora ALEXANDERWER	Penicilinas	26/03/2004	27/03/2004
104-20	Reactor MAMBRETTI	Empaque	27/03/2004	28/03/2004
ABRIL				
003-01	Estufa # 3 STRUNCK	Penicilinas	07/04/2004	08/04/2004
206-10	Filtro SEITZ	Inyectables	20/04/2004	21/04/2004
001-12	Encapsuladora PARKE DAVIS	Penicilinas	21/04/2004	22/04/2004
414-08	Compresor de aire U.S	Agrovet	30/04/2004	03/05/2004
MAYO				
001-02	Seleccionadora de cápsulas SC MG2	Penicilinas	10/05/2004	11/05/2004
206-01	Lavadora de Frascos NERI	Penicilinas	27/05/2004	27/05/2004
001-32	Tableteadora Rotativa MANESTY DX2	Penicilinas	29/05/2004	30/05/2004
JUNIO				
311-05	Liofilizadora STOKES	Biológico	16/06/2004	17/06/2004
101-05	Tableteadora de una estación STOKES	Galénicos	29/06/2004	30/06/2004
JULIO				
801-02	Sistema de Detectores de Incendio	Apoyo crítico	05/07/2004	05/07/2004
101-58	Selladora Uhlmann HSIII	Galénicos	10/07/2004	11/07/2004
101-15	Mezcladora en "V" PATTERSON	Galénicos	12/07/2004	13/07/2004
101-26	Paila para grageado MONTANARI	Galénicos	14/07/2004	15/07/2004
001-05	Encapsuladora MS2	Penicilinas	22/07/2004	23/07/2004
104-02	Llenadora de frascos STRUNCK	Empaque	26/07/2004	27/07/2004
AGOSTO				
002-11	Etiquetadora BAUSCH -STROBEL	Penicilinas	02/08/2004	03/08/2004
101-01	Tableteadora rotativa RONCHI	Galénicos	04/08/2004	04/08/2004
101-03	Tableteadora rotativa MANESTY	Galénicos	04/08/2004	04/08/2004
001-16	Mezcladora en "V" 60 Kg.	Penicilinas	12/08/2004	12/08/2004
311-14	Autoclave H2	Biológico	15/08/2004	15/08/2004
311-73	Autoclave H1	Biológico	15/08/2004	15/08/2004
	Bomba centrífuga ALFA-LAVAL	Agrovet	18/08/2004	19/08/2004
206-12	Lavadora de Frascos STRUNCK	Inyectables	28/08/2004	29/08/2004
SEPTIEMBRE				
	Bomba trasvasadora de Pix MYERS	Agrovet	01/09/2004	02/09/2004
311-61	Reactor PELLEGRINI	Biológico	01/09/2004	02/09/2004
207-01	Lavadora de ampollas (compacta) STRUNCK	Inyectables	04/09/2004	05/09/2004
207-13	Llenadora selladora (compacta) STRUNCK	Inyectables	04/09/2004	05/09/2004
207-14	Túnel de esterilización (compacta) STRUNCK	Inyectables	04/09/2004	05/09/2004
515-06	Termoformadora plaquetas FARMORES	Empaque	15/09/2004	15/09/2004
	Llenadora de pix ALFRED METZ	Agrovet	29/09/2004	30/09/2004
311-51	Cámara fría grande	Biológico	29/09/2004	30/09/2004
OCTUBRE				
208-09	Reactores de 500 Lts OLSA	Inyectables	29/10/2004	01/11/2004
NOVIEMBRE				
206-11	Llenadora-selladora MACOFAR	Inyectables	15/11/2004	15/11/2004
001-15	Blister Uhlmann UPS 1020	Penicilinas	20/11/2004	20/11/2004
001-01	Mezclador Cónico Vertical Vrieco	Penicilinas	29/11/2004	29/11/2004
DICIEMBRE				
002-09	Macrofosficadora selladora FARMOMAC	Penicilinas	05/12/2004	08/12/2004
003-02	Microfosficadora Polvos MACOFAR	Penicilinas	12/12/2004	15/12/2004
516-03	Selladora Blister UHLMANN UPS 200	Galénicos	20/12/2004	20/12/2004
SIN ASIGNACION				
413-12	Tanques almacenamiento Kerex 1000Lts. 2	Agrovet		
808-03	Ascensor N° 3 (Compresores - Inyectables)	Apoyo crítico		
	Ascensor N° 6 (Imprenta - Sueeros - Empaque)	Apoyo crítico		
	Ascensor N° 7 (Bodega de elaborados - Empaque)	Apoyo crítico		
	Ascensor N° 8 (Bodega de materia prima - Galénicos - Terraza)	Apoyo crítico		
	Sistema de agua desmineralizada	Apoyo crítico		
	Sistema de agua potable	Apoyo crítico		
	Sistema de aire comprimido	Apoyo crítico		
	Sistema de desagües	Apoyo crítico		
	Sistema de energía eléctrica	Apoyo crítico		
	Sistema de parlantes	Apoyo crítico		
	Sistema de protección a tierra	Apoyo crítico		
	Sistema de red informática	Apoyo crítico		
	Sistema de vapor y condensado	Apoyo crítico		
	Sistema de GLP	Apoyo crítico		
	Sistema telefónico	Apoyo crítico		
	Flujo laminar de vacunas	Biológico		
	Flujo laminar flow modu 2x4 (siembra de vacunas)	Biológico		
	Llenadora de viales Baltimore	Biológico		
811-01	Montacarga Eléctrico INCAB N°1	Bodegas		
812-04	Montacarga Eléctrico INCAB N°2	Bodegas		
	Cargador de baterías	Bodegas		
	Congelador Ecasa (Bodega de veterinarios)	Bodegas		
	Sistema de ventilación de la cabinas de pesaje	Bodegas		
	Módulo de flujo laminar (Jarabes)	Empaque		
	Impresora Ink jet linx	Empaque		
	Rotadora de ampollas LIFE	Empaque		
101-67	Bomba Peristáltica	Galénicos		
	Durómetro	Galénicos		
	Sistema de nitrógeno	Inyectables		
	Sistema de oxígeno	Inyectables		
	Sistema HVAC	Inyectables		
COCOM001	Compresor de aire Blister	Penicilinas		
	Fajadora de frascos BHEELMAN	Penicilinas		
	Sistema de extracción de polvo	Penicilinas		
	Sistema HVAC (área inyectables penicilínicos)	Penicilinas		

**Elaborado por: Pablo Anaguano
Fuente: MP2 de mantenimiento**

La tabla 4.3 (Programa anual de mantenimiento preventivo a junio del 2004), nos indica cómo se encuentra programado actualmente el mantenimiento preventivo de los *equipos vitales* en el MP2.

Sin embargo al realizar el análisis de la tabla 4.3, se observó claramente que la programación actual del mantenimiento se encuentra totalmente desbalanceada con relación a las fechas de intervención de mantenimiento y cantidad de equipos a ser intervenidos mensualmente en mantenimiento preventivo.

El actual sistema de mantenimiento preventivo de los recursos vitales, no considera la programación del mantenimiento preventivo de muchos equipos que fueron inventariados, jerarquizados como recursos vitales e ingresados a la base de datos del MP2 de mantenimiento.

Finalmente, la falta de una eficaz programación del mantenimiento preventivo de los equipos vitales en el actual sistema de gestión, no permite planificar acertadamente las tareas de mantenimiento en las fechas previstas y con el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

4.1.5 PROGRAMA MEJORADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

No fue factible continuar con el estudio sin antes reformular una nueva programación anual del mantenimiento preventivo, como se indica en la tabla 4.4 (Programa anual mejorado de mantenimiento preventivo, Equipos vitales)

TABLA 4.4

PROGRAMA ANUAL MEJORADO DE MANT. PREV. – EQUIPOS VITALES

Nº DE EQUIPO	EQUIPO	UBICACION	FECHA PROGRAMADA	
			DE INICIO	DE TÉRMINO
ENERO				
	Sistema de GLP	Apoyo crítico	05/01/2004	07/01/2004
	Sistema de oxígeno	Inyectables	07/01/2004	07/01/2004
	Sistema de nitrógeno	Inyectables	08/01/2004	09/01/2004
	Módulo de flujo laminar (Jarabes)	Empaque	12/01/2004	13/01/2004
811-01	Montacarga Eléctrico INCAB N°1	Bodegas	14/01/2004	15/01/2004
	Módulo de flujo laminar de vacunas	Biológico	19/01/2004	20/01/2004
001-03	Limpiadora de cápsulas MG2	Penicilinas	22/01/2004	23/01/2004
FEBRERO				
	Sistema de agua potable	Apoyo crítico	02/02/2004	03/02/2004
812-04	Montacarga Eléctrico INCAB N°2	Bodegas	09/02/2004	10/02/2004
311-76	Reactor bacterianas OLSA 500LI	Biológico	15/02/2004	15/02/2004
311-21	Congeladora Horizontal SO-LOW	Biológico	16/02/2004	17/02/2004
101-67	Bomba Peristáltica	Galénicos	19/02/2004	19/02/2004
207-17	Reactores de 200 Lis OLSA	Inyectables	24/02/2004	24/02/2004
	Fajadora de frascos BHEELMAN	Penicilinas	25/02/2004	27/02/2004
MARZO				
206-07	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°1	Inyectables	01/03/2004	02/03/2004
104-19	Reactor tanque TONAZZI	Empaque	08/03/2004	08/03/2004
002-11	Etiquetadora BAUSCH - STROBEL	Penicilinas	10/03/2004	11/03/2004
	Sistema telefónico	Apoyo crítico	15/03/2004	16/03/2004
209-01	Destilador TV-1000	Inyectables	17/03/2004	17/03/2004
001-04	Compactadora Regranuladora ALEXANDERWER	Penicilinas	23/03/2004	25/03/2004
208-01	Filtro ERTEL	Inyectables	25/03/2004	26/03/2004
	Flujo laminar flow modu 2x4 (siembra de vacunas)	Biológico	29/03/2004	30/03/2004
ABRIL				
414-08	Compresor de aire U.S	Agrovet	01/04/2004	02/04/2004
	Ascensor N° 6 (Imprenta - Sueeros - Empaque)	Apoyo crítico	05/04/2004	05/04/2004
003-01	Estufa # 3 STRUNCK	Penicilinas	07/04/2004	08/04/2004
	Sistema de agua desmineralizada	Apoyo crítico	12/04/2004	14/04/2004
206-10	Filtro SEITZ	Inyectables	20/04/2004	20/04/2004
001-12	Encapsuladora PARKE DAVIS	Penicilinas	21/04/2004	23/04/2004
	Cargador de baterías	Bodegas	26/04/2004	26/04/2004
MAYO				
	Ascensor N° 7 (Bodega de elaborados - Empaque)	Apoyo crítico	03/05/2004	03/05/2004
	Sistema de desagües	Apoyo crítico	05/05/2004	07/05/2004
001-02	Seleccionadora de cápsulas SC MG2	Penicilinas	10/05/2004	11/05/2004
	Llenadora de viales Baltimore	Biológico	13/05/2004	14/05/2004
	Rotadora de ampollas LIFE	Empaque	18/05/2004	18/05/2004
206-01	Lavadora de Frascos NERI	Penicilinas	27/05/2004	27/05/2004
001-32	Tableteadora Rotativa MANESTY DX2	Penicilinas	29/05/2004	30/05/2004
JUNIO				
	Ascensor N° 8 (Bodega de materia prima - Galénicos - Terraza)	Apoyo crítico	01/06/2004	01/06/2004
208-12	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°3	Inyectables	03/06/2004	04/06/2004
	Congelador Ecasa (Bodega de veterinarios)	Bodegas	07/06/2004	08/06/2004
311-05	Liofilizadora STOKES	Biológico	16/06/2004	17/06/2004
	Sistema de extracción de polvo	Penicilinas	21/06/2004	24/06/2004
104-20	Reactor MAMBRETTI	Empaque	29/06/2004	30/06/2004
101-05	Tableteadora de una estación STOKES	Galénicos	29/06/2004	30/06/2004
JULIO				
801-02	Sistema de Detectores de Incendio	Apoyo crítico	05/07/2004	05/07/2004
101-58	Selladora Uhlmann HSIII	Galénicos	10/07/2004	11/07/2004
101-15	Mezcladora en "V" PATTERSON	Galénicos	12/07/2004	13/07/2004
101-26	Paila para grageado MONTANARI	Galénicos	14/07/2004	15/07/2004
101-01	Tableteadora rotativa RONCHI	Galénicos	19/07/2004	20/07/2004
001-05	Encapsuladora MG2	Penicilinas	22/07/2004	23/07/2004
104-02	Llenadora de frascos STRUNCK	Empaque	26/07/2004	27/07/2004
AGOSTO				
002-11	Etiquetadora BAUSCH - STROBEL	Penicilinas	02/08/2004	03/08/2004
101-03	Tableteadora rotativa MANESTY	Galénicos	04/08/2004	05/08/2004
001-16	Mezcladora en "V" 60 Kg.	Penicilinas	12/08/2004	12/08/2004
311-14	Autoclave H2	Biológico	15/08/2004	15/08/2004
311-73	Autoclave H1	Biológico	15/08/2004	15/08/2004
	Sistema de red informática	Apoyo crítico	16/08/2004	17/08/2004
	Bomba centrífuga ALFA-LAVAL	Agrovet	18/08/2004	19/08/2004
206-12	Lavadora de Frascos STRUNCK	Inyectables	28/08/2004	29/08/2004
SEPTIEMBRE				
	Bomba trasvasadora de Pix MYERS	Agrovet	01/09/2004	02/09/2004
207-01	Lavadora de ampollas (compacta) STRUNCK	Inyectables	06/09/2004	08/09/2004
207-13	Llenadora selladora (compacta) STRUNCK	Inyectables	06/09/2004	08/09/2004
207-14	Túnel de esterilización(compacta)STRUNCK	Inyectables	06/09/2004	08/09/2004
	Durómetro	Galénicos	13/09/2004	13/09/2004
515-06	Termoformadora plaquetas FARMORES	Empaque	15/09/2004	15/09/2004
	Sistema de aire comprimido	Apoyo crítico	23/09/2004	24/09/2004
311-51	Cámara fría grande	Biológico	29/09/2004	30/09/2004
OCTUBRE				
208-09	Reactores de 500 Lts OLSA	Inyectables	04/10/2004	05/11/2004
	Sistema de parlantes	Apoyo crítico	07/10/2004	08/10/2004
	Sistema de ventilación de la cabinas de pesaje	Bodegas	13/10/2004	14/10/2004
	Sistema HVAC (área inyectables penicilínicos)	Penicilinas	18/10/2004	19/10/2004
311-61	Reactor PELLEGRINI	Biológico	21/10/2004	22/10/2004
413-12	Tanques almacenamiento Kerox 1000 lt (2)	Agrovet	27/10/2004	27/10/2004
	Llenadora de pix ALFRED METZ	Agrovet	28/10/2004	28/10/2004
NOVIEMBRE				
	Sistema de energía eléctrica	Apoyo crítico	04/11/2004	05/11/2004
	Sistema de protección a tierra	Apoyo crítico	09/11/2004	10/11/2004
206-11	Llenadora-selladora MACOFAR	Inyectables	15/11/2004	16/11/2004
	Sistema HVAC	Inyectables	18/11/2004	19/11/2004
001-15	Blister Uhlmann UPS 1020	Penicilinas	20/11/2004	21/11/2004
COCOM001	Compresor de aire Blister	Penicilinas	22/11/2004	22/11/2004
001-01	Mezclador Cónico Vertical Vrieco	Penicilinas	29/11/2004	30/11/2004
DICIEMBRE				
808-03	Ascensor N° 3 (Compresores - Inyectables)	Apoyo crítico	01/12/2004	01/12/2004
002-09	Macrofosficatora selladora FARMOMAC	Penicilinas	07/12/2004	09/12/2004
003-02	Microfosficatora Polvos MACOFAR	Penicilinas	13/12/2004	15/12/2004
	Impresora Ink jet linx	Empaque	16/12/2004	17/12/2004
516-03	Selladora Blister UHLMANN UPS 200	Galénicos	20/12/2004	20/12/2004
	Sistema de vapor y condensado	Apoyo crítico	21/12/2004	22/12/2004
207-10	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°2	Inyectables	23/12/2004	24/12/2004
COLOR = Indica las fechas modificadas para balancear la programación anual del mantenimiento				

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: MP2 de mantenimiento

4.1.6 COSTOS ACTUALES DE MANTENIMIENTO EN LA PLANTA

TABLA 4.5

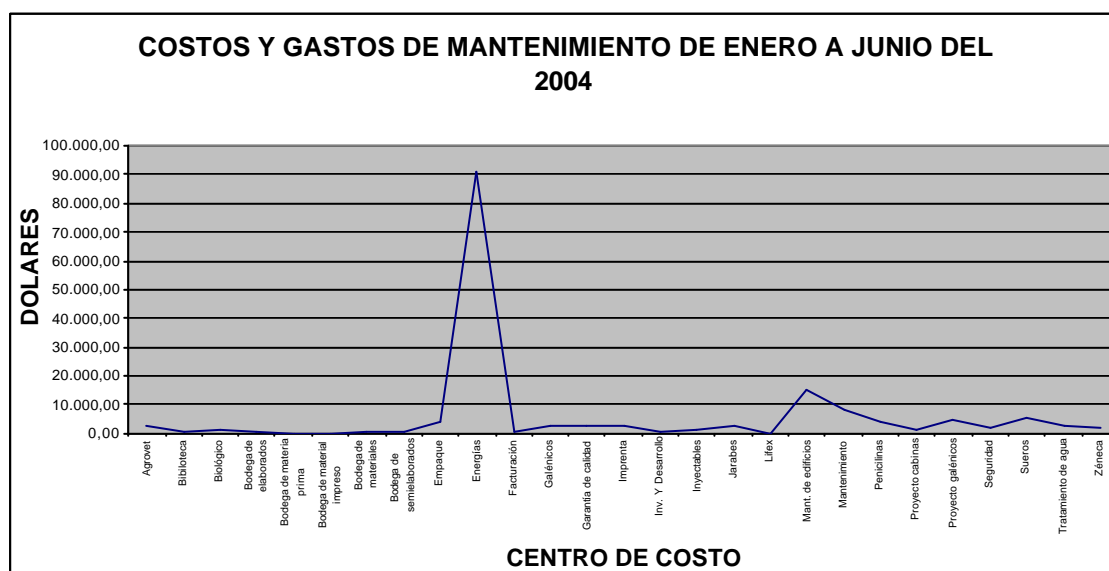
COSTOS DE MANTENIMIENTO

CENTRO DE COSTOS	COSTOS De Enero a Junio del 2004
Agrovet	2.381,53
Biblioteca	252,52
Biológico	1.388,64
Bodega de elaborados	534,18
Bodega de materia prima	102,72
Bodega de material impreso	55,78
Bodega de materiales	503,28
Bodega de semielaborados	176,00
Empaque	4.226,15
Energías	90.758,46
Facturación	690,00
Galénicos	2.604,45
Garantía de calidad	2.507,13
Imprenta	2.382,90
Inv. Y Desarrollo	167,10
Inyectables	1.562,24
Jarabes	2.731,43
Lifex	109,67
Mant. de edificios	14.927,31
Mantenimiento	8.066,64
Penicilinas	4.093,81
Proyecto cabinas	1.504,02
Proyecto galénicos	4.496,03
Seguridad	2.108,91
Sueros	5.399,64
Tratamiento de agua	2.552,73
Zéneca	2.049,71
TOTAL GENERAL	158.332,98

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

GRAFICO 4.2



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Ingeniería y Mantenimiento de Life

Los rubros que representan los costos de mantenimiento en el sistema de gestión actual, inicialmente constituyen los gastos de mantenimiento de la planta, sin embargo estos gastos se transforman en costos de mantenimiento, siempre y cuando sean utilizados en el mantenimiento de maquinaria. La tabla 4.5 (Costos de mantenimiento), nos indica los costos de mantenimiento de enero a junio del 2004, que fueron cargados a los centros de costos en los que se ejecutaron los diferentes trabajos de mantenimiento.

Adicionalmente en el gráfico 4.2 (Costos y gastos de mantenimiento de enero a junio del 2004), se aprecia claramente que el centro de costo “Energías” ha generado un mayor costo indirecto de fabricación con relación a los otros centros, considerando que para mantener un servicio vital y confiable de las instalaciones y equipos electrógenos que pertenecen a energías, constantemente se deben efectuar pagos de rubros que son cargados a este centro de costos.

4.2 DETERMINACION DE LOS RECURSOS VITALES DE LA PLANTA

4.2.1 VARIABLES RELACIONADAS CON LOS RECURSOS VITALES

Se consideraron básicamente los elementos de la tabla 4.6 (Variables relacionadas con la optimización de los equipos vitales), en la que resumidamente se puede apreciar que los resultados esperados dependieron de la modificación e interrelación entre dichas variables y las actividades ejecutadas sobre ellas.

TABLA 4.6

VARIABLES RELACIONADAS CON LA OPTIMIZACIÓN DE LOS EQUIPOS VITALES

OPERACIÓN EN LAS VARIABLES	CAMPO DE ACCION/ASIGNACION	RESULTADOS ESPERADOS
Jerarquizar e identificar los recursos de la planta en (<i>vitales, importantes y triviales</i>).	Centros productivos	Racionalización del esfuerzo en la gestión y ejecución del mantenimiento.
Actualizar y mejorar permanentemente la <i>base de datos y registros de los equipos vitales</i> .	Sistema de procesamiento de datos (MP2 para mantenimiento).	Disponer de datos estadísticos, generar informes acertados y proyectar eficazmente los indicadores de mantenimiento.
Identificar las causas de los problemas en la gestión del mantenimiento.	Sistema de administración del mantenimiento	Optimizar las acciones del departamento de mantenimiento en el campo económico.
Obtener la máxima <i>disponibilidad de los recursos</i> .	Sistema productivo	Cumplir a tiempo con los planes y programas de producción.
Justificar acertadamente la planificación de un presupuesto anual para <i>costos y gastos de mantenimiento</i> de los equipos vitales	Gerencia de mantenimiento e ingeniería.	Mejorar e incrementar el ciclo de vida del recurso en función del costo-beneficio
Dar continuidad al estudio de sistema total para todos los recursos vitales.	Subproyectos de mantenimiento e ingeniería	Mantener una política de mejora continua a nivel interdepartamental.

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de mantenimiento y centros productivos de Life

4.2.2 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE JERARQUIZACION EN LOS RECURSOS VITALES

El nuevo sistema de jerarquización de los recursos en la planta requiere básicamente el establecimiento del índice ICGM y el soporte del código máquina en combinación con el principio de Pareto.

- ASIGNACION DEL CODIGO TRABAJO**

A las labores de mantenimiento que se presentaron durante el desarrollo del estudio en los equipos vitales, se les asignó un valor al código trabajo, en función de la descripción de los trabajos de la tabla 2.4 (Criterios para la elaboración del código trabajo), correspondiente al capítulo II.

- ASIGNACION DEL CODIGO MAQUINA**

TABLA 4.7

INVENTARIO DE RECURSOS DE LIFE POR CODIGO MAQUINA

Num	Nombre	Ubicación	Codigo maquina	Categoria	Cant. por área	
1	Bomba ALFA LAVAL	Agrovet	10	Vital	1	
2	Bomba trasvasadora de pix MYERS	Agrovet	10	Vital	2	
3	Llenadora de pix ALFRED METZ	Agrovet	10	Vital	3	
4	Compresor de aire DE VILBISS	Agrovet	10	Vital	4	
5	Tanque de almacenamiento de KEREX 1000 lt	Agrovet	10	Vital	5	
6	Ascensor No. 5 (Sala de compresores - Inyectables)	Apoyo crítico	10	Vital	1	
7	Ascensor No. 6 (Imprenta - Sueros - Empaque)	Apoyo crítico	10	Vital	2	
8	Ascensor No. 7 (Bodega de elaborados - Empaque)	Apoyo crítico	10	Vital	3	
9	Ascensor No. 3 (Bodega de materia prima - Galénicos - Terraza)	Apoyo crítico	10	Vital	4	
10	Sistema de agua desmineralizada	Apoyo crítico	10	Vital	5	
11	Sistema de agua potable	Apoyo crítico	10	Vital	6	
12	Sistema de aire comprimido	Apoyo crítico	10	Vital	7	
13	Sistema de desagües	Apoyo crítico	10	Vital	8	
14	Sistema de energía eléctrica	Apoyo crítico	10	Vital	9	
15	Sistema de parlantes	Apoyo crítico	10	Vital	10	
16	Sistema de protección a tierra	Apoyo crítico	10	Vital	11	
17	Sistema de detector de incendio	Apoyo crítico	10	Vital	12	
18	Sistema de red informática	Apoyo crítico	10	Vital	13	
19	Sistema de vapor y condensado	Apoyo crítico	10	Vital	14	
20	Sistema GLP	Apoyo crítico	10	Vital	15	
21	Sistema telefónico	Apoyo crítico	10	Vital	16	
22	Autoclave H1	Biológico	10	Vital	1	
23	Autoclave H2	Biológico	10	Vital	2	
24	Congelador horizontal SO-LOW	Biológico	10	Vital	3	
25	Cuarto estéril de bacterinas	Biológico	10	Vital	4	
26	Cuarto estéril de vacunas	Biológico	10	Vital	5	
27	Módulo de flujo laminar de vacunas	Biológico	10	Vital	6	
28	Módulo de flujo laminar FLOW MODU	Biológico	10	Vital	7	
29	Liofilizadora STOCKES	Biológico	10	Vital	8	
30	Llenadora de viales BALTIMOR	Biológico	10	Vital	9	
31	Reactor de bacterinas OLSA 500 lt	Biológico	10	Vital	10	
32	Reactor PELLEGRINI	Biológico	10	Vital	11	
33	Cámara fría grande	Biológico	10	Vital	12	
34	Carroador de baterías (bodega de materiales)	Bodegas	10	Vital	1	
35	Congelador a -20°C ECASA (bodega de veterinarios)	Bodegas	9	Vital	2	
36	Montacarga eléctrico INCAB (bodega de materia prima)	Bodegas	10	Vital	3	
37	Montacarga eléctrico INCAB (bodega de materiales)	Bodegas	9	Vital	4	
38	Flujo laminar de la cabina de pesaje No 1	Bodegas	10	Vital	5	
39	Sistema de ventilación de las cabinas de pesaje	Bodegas	10	Vital	6	
40	Módulo de flujo laminar (jarabes)	Empaque	10	Vital	1	
41	Impresora INK JET LINX	Empaque	10	Vital	2	
42	Selladora de frascos STRUNCK	Empaque	10	Vital	3	
43	Reactor MAMBRETTI	Empaque	10	Vital	4	
44	Reactor tanque TONAZZI	Empaque	10	Vital	5	
45	Rotadora de ampollas LIFE	Empaque	10	Vital	6	
46	Termoformadora de plaquetas FARMORES	Empaque	10	Vital	7	
47	Bomba peristaltica WATSON MARLOW	Galénicos	9	Vital	1	
48	Durómetro	Galénicos	9	Vital	2	
49	Llenadora selladora UHLMANN HS III	Galénicos	10	Vital	3	
50	Mezclador en "V" PATTERSON	Galénicos	9	Vital	4	
51	Paila para graqueado MONTANARI	Galénicos	9	Vital	5	
52	Tableteadora rotativa MANESTY	Galénicos	9	Vital	6	
53	Tableteadora rotativa RONCHI	Galénicos	9	Vital	7	
54	Tableteadora de una estación STOCKES	Galénicos	9	Vital	8	
55	Selladora bistar UHLMANN UPS 200	Galénicos	9	Vital	9	
56	Cuarto estéril para embase de ampollas	Inyectables	10	Vital	1	
57	Filtro ERTTEL	Inyectables	10	Vital	2	
58	Filtro SEITZ	Inyectables	10	Vital	3	
59	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM	Inyectables	10	Vital	4	
60	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM	Inyectables	10	Vital	5	
61	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM	Inyectables	10	Vital	6	
62	Lavadora de ampollas (Compacta) STRUNCK	Inyectables	10	Vital	7	
63	Lavadora de frascos STRUNCK	Inyectables	10	Vital	8	
64	Llenadora selladora (compacta) STRUNCK	Inyectables	10	Vital	9	
65	Llenadora selladora MACOFAR	Inyectables	10	Vital	10	
66	Reactor de 200 lt OLSA	Inyectables	10	Vital	11	
67	Reactor de 500 lt OLSA	Inyectables	10	Vital	12	
68	Destilador TV-1000	Inyectables	10	Vital	13	
69	Sistema de nitrógeno	Inyectables	10	Vital	14	
70	Sistema de oxígeno	Inyectables	10	Vital	15	
71	Sistema HVAC inyectables	Inyectables	10	Vital	16	
72	Túnel de esterilización de la línea Compacta Bosch	Inyectables	10	Vital	17	
73	Compactadora regranuladora ALEXANDER WERK	Penicilinas	10	Vital	1	
74	Compresor de aire BLISTER	Penicilinas	10	Vital	2	
75	Seleccionadora de cápsulas SC MG2	Penicilinas	10	Vital	3	
76	Cuarto estéril inyectables penicilinas	Penicilinas	10	Vital	4	
77	Encapsuladora MG2	Penicilinas	10	Vital	5	
78	Encapsuladora PARKE DAVIS	Penicilinas	10	Vital	6	
79	Estufa Nº 3 Strunck	Penicilinas	10	Vital	7	
80	Etiquetadora BAUSCH STROBEL	Penicilinas	10	Vital	8	
81	Fajadora de frascos Bheelman	Penicilinas	10	Vital	9	
82	Lavadora de frascos Neri	Penicilinas	10	Vital	10	
83	Macrofosficadora selladora de polvos Farmomac con bomba de vacío	Penicilinas	10	Vital	11	
84	Mezclador en V de 70 kg	Penicilinas	10	Vital	12	
85	Mezclador Vireco con Vac U max	Penicilinas	10	Vital	13	
86	Microfosficadora selladora de polvos Macofar	Penicilinas	10	Vital	14	
87	Rodillo limpiador de cápsulas MG2	Penicilinas	10	Vital	15	
88	Sistema de extracción de polvo	Penicilinas	10	Vital	16	
89	Sistema HVAC para el área de inyectables penicilínicos	Penicilinas	10	Vital	17	
90	Tableteadora Manesty DX2	Penicilinas	10	Vital	18	
91	Termoformadora Uhlmann UPS 1020 con módulo de enfriamiento	Penicilinas	10	Vital	19	
92	Termoselladora de frascos Bheelman	Penicilinas	10	Vital	20	
93	Autoclave Olsa	sueros	10	vital	1	
94	Banda de 3 m para Doboy	sueros	10	vital	2	
95	Banda inox de llenado	sueros	10	vital	3	
96	Cuarto estéril de envase de sueros	sueros	10	vital	4	
97	Cuarto estéril de preparación de sueros	sueros	10	vital	5	
98	Flujo laminar para envase de sueros	sueros	10	vital	6	
99	Impresora Ink Jet dominio codebox2	sueros	10	vital	7	
100	Intercambiador de calor del autoclave Olsa	sueros	10	vital	8	
101	Intercambiador de calor E2	sueros	10	vital	9	
102	Selladora e impresora de fundas Doboy	sueros	10	vital	10	
103	Sistema de agua destilada vapor limpio y condensado_QV2000	sueros	10	vital	11	
104	Sistema de HVAC sueros	sueros	10	vital	12	
105	Tanque pulmón de 120 lt	sueros	10	vital	13	
106	Tanque pulmón de aire comprimido	sueros	10	vital	14	
107	Tanque RF	sueros	10	vital	15	
108	Tanque RG	sueros	10	vital	16	
109	Tanque TK1 de agua destilada	sueros	10	vital	17	
110	Torre de enfriamiento 1	sueros	10	vital	18	
111	Torre de enfriamiento 2	sueros	10	vital	19	
				TOTAL	VITALES	111

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Centros productivos de Life

Con la ayuda de la tabla 2.3 (Criterios para la elaboración del código del código máquina), del capítulo II, y la participación del comité², conformado por los supervisores de producción, mantenimiento, personal técnico y de producción en cada centro productivo, se clasificó los recursos inventariados en función a su importancia para la productividad. A los recursos vitales de la planta, se asignó un código máquina con valores de 10 y algunos con valores de 9.

En la tabla 4.7 (Inventario de recursos vitales de life por código máquina), se observan los 111 equipos vitales que fueron evaluados con código máquina de 10 y 9.

4.2.3 MUESTRA REPRESENTATIVA DE LOS EQUIPOS VITALES

Población: N = 111 Recursos Vitales

Tamaño de la muestra:

Se determina el tamaño de la muestra bajo los siguientes criterios:

- “Aplicación de la fórmula del muestreo simple aleatorio (MSA)”³.

$$n = \frac{NG^2}{(N-1)D + G^2}$$

² Ver capítulo II, punto 2.2.3.2 Elaboración del índice ICGM simplificado

³ Fuente: UTE, “Apuntes de inferencia estadística”

Donde:

$$D = \frac{b^2}{4} \quad ; \quad G^2 = \frac{R^2}{16} \quad ; \quad R = X_{\max} - X_{\min}$$

n = Tamaño de la muestra

b = Error de estimación

G^2 = Varianza de la población

N = Tamaño de la población

R = Re corrido

X = Número a favor de un determinado caso

- **Valores considerados:**

b = Se considera una cota de error no aplicable para 12 equipos vitales al año

R = Se considera entre 20 y 60 equipos vitales con problemas de paro al año

Con base a la información estadística del año 2003, se propuso seleccionar con muestreo simple aleatorio para estimar el número promedio anual de equipos vitales con problemas de paros no planificados, con una cota de error de 12 equipos.

- **Cálculo de n :**

$$R = 60 - 20 = 40$$

$$G^2 = \frac{40^2}{16} = 100$$

$$D = \frac{12^2}{4} = 36$$

$$n = \frac{111 * 100}{(111 - 1) * 36 + 100} = \frac{11100}{4060} = 2.74$$

Muestra representativa:

- 1. Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020, de la sección Penicilinas.**

- 2. Selladora de frascos Strunck, de la sección Empaque; Area de Jarabes.**

- 3. Llenadora Selladora Macofar, de la sección Inyectables.**

No se utilizó ningún procedimiento estadístico en la determinación de la muestra, sin embargo los problemas actuales de paros no programados en el proceso productivo, la baja disponibilidad asociada a una alta tasa de fallas e incremento de los costos y gastos de operación de los recursos de Life, han dado la posibilidad de seleccionar intencionalmente una muestra representativa, buscando obtener la cantidad específica de información que sirva de análisis a todos los recursos vitales de la planta.

Se debe indicar que el estudio consideró análisis adicionales en la Termoformadora blister UPS 1020 por ser un equipo vital prototipo de gran importancia para la productividad y que adicionalmente durante los meses de enero a junio del 2004, generó gran cantidad de desperdicio de materiales por cada lote de producción.

4.2.4 ELABORACION DEL INDICE (ICGM) SIMPLIFICADO

Previo a la elaboración de éste índice, primeramente se elaboró y actualizó el inventario de todos los recursos de la planta a ser atendidos. Consecuentemente una vez establecidos los valores de los códigos máquina y trabajo, se pudieron calcular el ICGM y mejorar la administración de las órdenes de trabajo.

4.3 ANALISIS DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO – EQUIPOS DE LA MUESTRA

Actualmente los equipos de la planta generalmente ocasionan mayores costos de mantenimiento correctivo en comparación con los costos del mantenimiento preventivo.

4.3.1 COSTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Dentro de los costos del mantenimiento preventivo, el estudio, básicamente consideró los siguientes costos:

- Costo de repuestos
- Costo de mano de obra por mantenimiento preventivo.
- Costo de capacitación.

COSTO DE REPUESTOS

Se pudo determinar que los costos incurridos por los repuestos utilizados al momento de ejecutar las tareas de mantenimiento preventivo, corresponden a los costos de repuestos del mantenimiento preventivo. Complementariamente la fuente de recopilación de las facturas correspondientes a los costos de repuestos es la bodega de repuestos.

La relación entre mantenimiento y productividad, básicamente ha considerado la necesidad de incrementar la disponibilidad y prolongar la vida útil del equipo vital, con el eficaz cumplimiento del mantenimiento preventivo programado. Por ello fue necesario hacer un reconocimiento del stock mínimo de repuestos para el recambio previamente planificado.

En la lista de repuestos aprobados para importación⁴ se seleccionaron cuidadosamente los repuestos que complementaron el stock mínimo de repuestos con alta tasa de rotación.

COSTO DE MANO DE OBRA POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El cálculo del costo de la mano de obra para mantenimiento preventivo se lo consideró de la siguiente manera:

⁴ Para mayores detalles, referirse al anexo 2: Repuestos para mantenimiento preventivo, Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020

Existe un especialista en mantenimiento industrial, dedicado exclusivamente al mantenimiento preventivo de los equipos vitales, lo que significó; que el costo de la mano de obra, como indica la tabla 4.8 (Costo de mano de obra del mantenimiento preventivo), fue igual al valor calculado en función de las horas dedicadas para el mantenimiento preventivo de los equipos de la muestra seleccionada durante el tiempo de análisis del estudio.

TABLA 4.8

COSTO DE MANO DE OBRA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO VITAL	TIEMPO TOTAL UTILIZADO PARA MANT.PREVENTIVO (HORAS HOMBRE)	COSTO DE MANO DE OBRA (USD/HORA)	COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA (USD)
Termoformadora blister UPS 1020	87,58	2,53	221,58
Selladora de frascos Strunck	25,36	2,53	64,16
Llenadora selladora Macofar	12,65	2,53	32,00
TOTAL COSTO DE MANO DE OBRA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO			317,74

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de RRHH, y MP2 de mantenimiento

COSTO DE CAPACITACION

Con relación a los costos de capacitación, se debe indicar que la tabla 4.9 (Costo de capacitación del mantenimiento preventivo), hace referencia a las horas hombre, que se utilizó para la capacitación teórica y práctica durante el tiempo de análisis (Desde 03-2004 Hasta 07-2004), la capacitación se relacionó con el conocimiento general de los sistemas que conforman el equipo, parámetros de calibración del equipo, principios básicos de detección de averías

y mantenimiento preventivo básico de éstos equipos basado en los programas de inspección⁵.

TABLA 4.9

COSTO DE CAPACITACION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO VITAL	TIEMPO TOTAL DE CAPACITACION (HORAS HOMBRE)	COSTO DE CAPACITACION (USD/HORA)	COSTO TOTAL DE CAPACITACION (USD)
Termoformadora blister UPS 1020	17,65	1,753	30,94
Selladora de frascos Strunck	14,35	1,234	17,71
Llenadora selladora Macofar	4,25	1,234	5,24
TOTAL COSTO DE CAPACITACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO			53,89

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de RRHH, y MP2 de mantenimiento

Adicionalmente la tabla 4.9 nos indica los valores calculados del costo total de capacitación para cada equipo, en función a los costos hora-hombre, que se determinan de acuerdo a la categoría del operador (Operador de planta y operador tercerizado), según información proporcionada por el departamento de Recursos Humanos.

4.3.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El costo del mantenimiento correctivo fue uno de los rubros más significativos por su impacto económico, debido a que los paros de maquinaria generalmente sucedieron durante el proceso de producción.

⁵ Ver Anexo 1: Programa de inspección; Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020, Llenadora Selladora Macofar

Dentro de éste rubro se incluyeron los siguientes costos:

- **Costo de repuestos**
- **Costo de mano de obra por mantenimiento correctivo**
- **Costo por paro de maquinaria**
- **Costo de desperdicios**

COSTO DE REPUESTOS

El método de evaluación de estos costos fue similar al del mantenimiento preventivo, sin embargo, por su carácter de imprevistos, los paros no programados de maquinaria provocaron mayores gastos que en el mantenimiento preventivo.

En la tabla 4.10 (Costo de repuestos del mantenimiento correctivo de enero a julio del 2004), se observan los costos de repuestos, que se utilizaron para corregir inmediatamente las fallas de los equipos vitales de la tabla 4.10

TABLA 4.10**COSTO DE REPUESTOS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE
ENERO A JULIO DEL 2004**

SECCION	CODIGO DE CUENTA	CLASE DE COSTO	COSTO DE REPUESTOS (USD)	OBSERVACIONES
TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020				
Penicilinas	P15101	Mant. Correctivo	881,10	
SELLADORA DE FRASCOS STRUNCK				
Jarabes	P15104	Mant. Correctivo	1.755,00	
LLENADORA SELLADORA MACOFAR				
Invectables	P15	Mant. Correctivo	0,00	
TOTAL GENERAL			2.636,10	

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Ingeniería y mantenimiento

COSTO DE MANO DE OBRA POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este rubro se evaluó, considerando el número de horas empleadas en los trabajos de mantenimiento correctivo dentro de la jornada normal, la tabla 4.11 (Costo de mano de obra de enero a julio del 2004), nos indica el valor calculado de acuerdo al número de horas utilizadas por el técnico para recuperar un servicio dentro de los parámetros preestablecidos.

El costo de mano de obra de los operadores, no se lo registró ya que inicialmente el tiempo de intervención en las labores de mantenimiento correctivo y preventivo fue muy ínfimo.

TABLA 4.11

COSTO DE MANO DE OBRA DE ENERO A JULIO DEL 2004

FECHA DE INTERVENCION EN M. CORRECTIVO	TIEMPO EMPLEADO (h)		COSTO (USD/h)	
	JORNADA NORMAL	JORNADA EXTRA	JORNADA NORMAL	JORNADA EXTRA
TERMOFORMADORA BLISTER UPS 1020				
23/01/2004	8,00		20,96	
23/03/2004	7,00		18,34	
23/04/2004	6,00		15,72	
26/04/2004	4,00		10,48	
27/04/2004	1,75		4,585	
10/05/2004	0,50		1,31	
17/06/2004	4,00		10,48	
02/08/2004	0,00		0	
TOTAL	31,25	0,00	81,88	0,00
SELLADORA DE FRASCOS STRUNCK				
11/10/2003	4,00		10,48	
13/10/2003	8,00		20,96	
14/10/2003	4,00		10,48	
22/10/2003	0,50		1,31	
23/10/2003	4,00		10,48	
27/10/2003	5,00		13,1	
07/11/2003	3,00		7,86	
15/11/2003	4,00		10,48	
21/11/2003	5,00		13,1	
11/12/2003	3,50		9,17	
12/01/2004	4,50		11,79	
31/01/2004	3,00		7,86	
07/02/2004	2,00		5,24	
10/02/2004	8,00		20,96	
12/03/2004	0,00		0	
30/06/2004	0,50		1,31	
01/07/2004	1,00		2,62	
04/07/2002	2,00		5,24	
TOTAL	62,00	0,00	162,44	0,00
LLENADORA SELLADORA MACOFAR				
24/03/2004	3,00		7,86	
27/04/2004	10,00		26,2	
01/06/2004	3,00		7,86	
16/09/2004	4,00		10,48	
22/09/2004	0,00		0	

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: MP2 de mantenimiento

4.3.2.1 COSTO POR PARO NO PROGRAMADO DE MAQUINARIA – EQUIPOS DE LA MUESTRA

Este costo fue uno de los más significativos, por presentarse en el proceso de producción, afectando directamente a la productividad. Este análisis se ha considerado, de enero a julio del 2004 para la Termoformadora blister UPS 1020 y para la Llenadora Selladora Macofar.

El análisis de los costos de paro de maquinaria para la Selladora de frascos Strunck, comprende desde octubre del 2003 hasta febrero del 2004, ya que en esas fechas, los equipos estudiados presentaron gran cantidad de paros no planificados por apareamiento de fallas.

La tabla 4.12 (Costo por paro no programado de maquinaria), considera el costo por paros no programados a causa de fallas, que se generaron al momento de fabricar los productos indicados en la tabla.

TABLA 4.12
COSTO POR PARO NO PROGRAMADO DE MAQUINARIA

EQUIPO VITAL	ESTANDAR PRODUCTIVO (unidades/hora)	PERDIDA UNITARIA POR PARO (dólares/unidad)	COSTO POR PARO DE MAQUINARIA (dólares/hora)
Termoformadora Blister UPS 1020 Producto: Ampibex cápsulas 500 mg	74880	0,16	12.340,22
Selladora de frascos Strunck Producto: Complejo B jarabe 120 ml	1600	0,18	289,60
Llenadora selladora Macofar Producto: Livanal inyectable 100 ml	1950	0,21	399,75

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: libros de máquina de los centros productivos de Life

El cálculo del costo por paro de maquinaria se obtuvo multiplicando el número de horas de *paralización no programada*, por el costo horario que implica para cada equipo, ya que se deja de proveer valor agregado a la materia prima por unidad ó producto unitario, cuando el proceso productivo se paraliza un determinado tiempo.

El cálculo de la pérdida unitaria por paro equivale a la utilidad que la compañía deja de percibir, cuando no produce un producto unitario. Con este análisis se determino la siguiente ecuación:

$$(Utilidad = Precio de venta por unidad - Costo de producción por unidad).$$

1. COSTO DE PARO NO PROGRAMADO DE MAQUINARIA: TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020

La tabla 4.13 (Costo por paro de maquinaria, Equipo: Termoformadora blister UPS 1020), nos indica que el costo total por paro no programado de maquinaria, comprendido desde enero a julio del 2004 es extremadamente alto.

La curva de tendencia polinómica del gráfico 4.3 (Costo total por paro de maquinaria), nos indica claramente que existe la tendencia a bajar los costos de paro no programado de maquinaria, esta tendencia se hace mas notoria al inicio del estudio y paralelamente junto al nuevo diseño del sistema de gestión, se fueron minimizando los costos y paros no programados.

TABLA 4.13

COSTO POR PARO DE MAQUINARIA

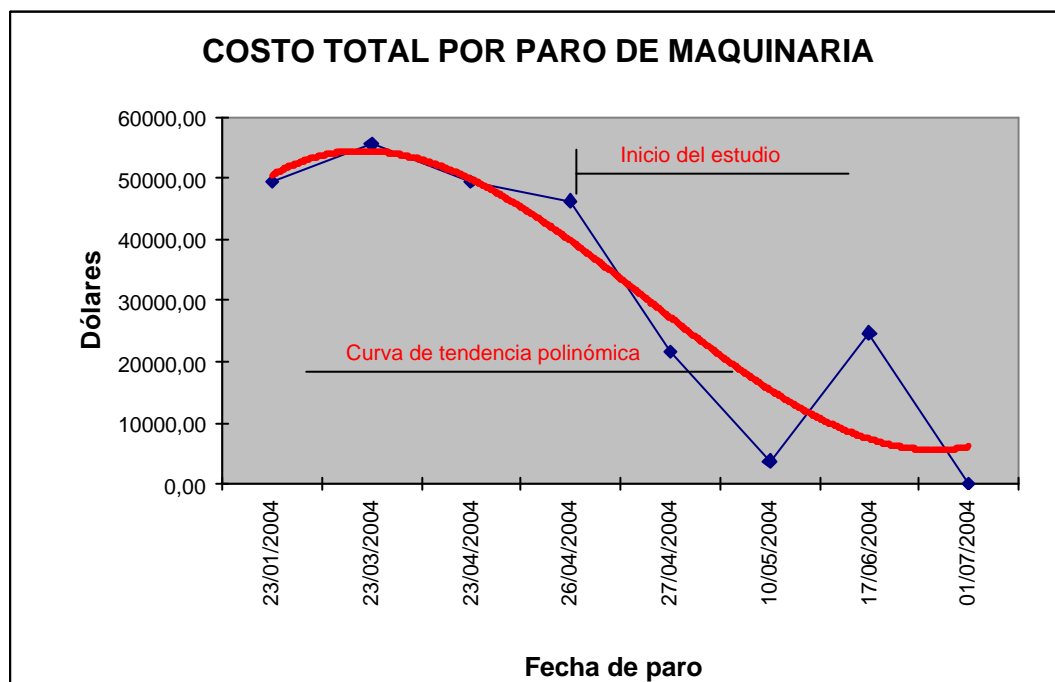
EQUIPO: TERMOFORMADORA BLISTER UPS 1020

FECHA DE PARO	TIEMPO DE PARO (horas)	COSTO POR PARO DE MAQUINARIA (dólares/hora)	COSTO TOTAL POR PARO DE MAQUINARIA (dólares)	OBSERVACIONES
23/01/2004	4,00	12.340,22	49.360,88	
23/03/2004	4,50	12.340,22	55.530,99	
23/04/2004	4,00	12.340,22	49.360,88	
26/04/2004	3,75	12.340,22	46.275,83	<i>Inicio del estudio</i>
27/04/2004	1,75	12.340,22	21.595,39	
10/05/2004	0,30	12.340,22	3.702,07	
17/06/2004	2,00	12.340,22	24.680,44	
01/07/2004	0,00	12.340,22	0,00	<i>Finalización del estudio</i>
TOTAL GENERAL			250.506,47	

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libros de máquina de la sección penicilinas

GRAFICO 4.3



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: libros de máquina de la sección penicilinas

**2. COSTO DE PARO NO PROGRAMADO DE MAQUINARIA:
SELLADORA DE FRASCOS STRUNCK**

TABLA 4.14

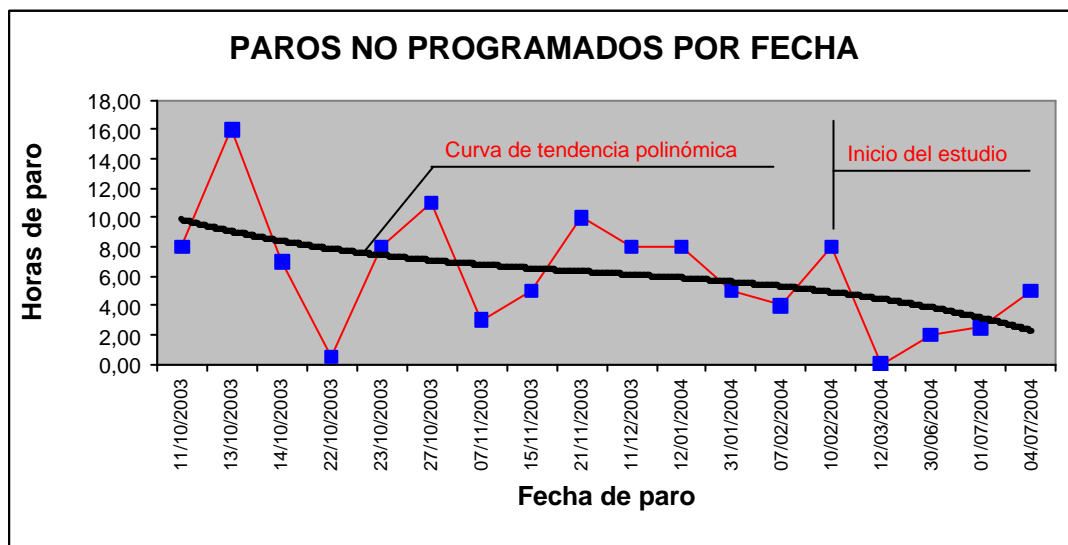
**TIEMPO DE PARO NO PROGRAMADO POR FECHA
EQUIPO: SELLADORA DE FRASCOS STRUNCK**

FECHA DE PARO	TIEMPO DE PARO (horas)	COSTO POR PARO DE MAQUINARIA (dólares/hora)	COSTO TOTAL POR PARO DE MAQUINARIA (dólares)	OBSERVACIONES
11/10/2003	8,00	289,60	2316,80	
13/10/2003	16,00	289,60	4633,60	
14/10/2003	7,00	289,60	2027,20	
22/10/2003	0,50	289,60	144,80	
23/10/2003	8,00	289,60	2316,80	
27/10/2003	11,00	289,60	3185,60	
07/11/2003	3,00	289,60	868,80	
15/11/2003	5,00	289,60	1448,00	
21/11/2003	10,00	289,60	2896,00	
11/12/2003	8,00	289,60	2316,80	
12/01/2004	8,00	289,60	2316,80	
31/01/2004	5,00	289,60	1448,00	
07/02/2004	4,00	289,60	1158,40	
10/02/2004	8,00	289,60	2316,80	Inicio del estudio
12/03/2004	0,00	289,60	0,00	Finalizacion del estudio
30/06/2004	2,00	289,60	579,20	
01/07/2004	2,50	289,60	724,00	
04/07/2004	5,00	289,60	1448,00	
TOTAL GENERAL			32145,60	

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libros de maquina de la sección empaque-jarabes

GRAFICO 4.4



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: libros de máquina de la sección empaque-jarabes

La tabla 4.14 (Tiempo de paro no programado por fecha, Equipo: Selladora de frascos Strunck), nos indica que es un equipo con mayor frecuencia de paros, que igualmente implica un costo relativo alto. Adicionalmente en el gráfico 4.4 (Paros no programados por fecha), se puede apreciar la frecuencia de paros consecutivos por fechas, debido a fallas crónicas en el equipo.

3. COSTO DE PARO NO PROGRAMADO DE MAQUINARIA: LLENADORA SELLADORA MACOFAR

TABLA 4.15

COSTO POR PARO DE MAQUINARIA

EQUIPO: LLENADORA SELLADORA MACOFAR

FECHA DE PARO	TIEMPO DE PARO (horas)	COSTO POR PARO DE MAQUINARIA (dólares/hora)	COSTO TOTAL POR PARO DE MAQUINARIA (dólares)	OBSERVACIONES
24/03/2004	4,00	399,75	1599	
27/04/2004	15,00	399,75	5996,25	
01/06/2004	4,00	399,75	1599	
16/09/2004	4,00	399,75	1599	<i>Inicio del estudio</i>
22/09/2004	0,00	399,75	0	<i>Finalización del estudio</i>
TOTAL			10793,25	

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: libros de máquina de la sección inyectables

En la tabla 4.15 Costo por paro de maquinaria, Equipo: Llenadora selladora Macofar) se observa que el costo por paro de maquinaria en función al tiempo de paro es bastante reducido con relación a los dos anteriores equipos, lo que significa que es un equipo bastante estable en su confiabilidad.

4.3.2.2 COSTO DE DESERDICIOS

El estudio se refirió particularmente a la Termoformadora blister UPS 1020, ya que su que su baja confiabilidad, las continuas fallas crónicas⁶, el desconocimiento en la calibración de parámetros de trabajo del equipo, y la misma naturaleza del proceso de empaque generó cierto desperdicio de material (lámina de PVC ó PVC+PVDC, y papel aluminio blister impreso).

El costo que representó el desperdicio de éstos materiales se ha evaluado en la tabla 4.16 (Análisis resumido del uso de materiales en kilogramos), comprendido entre enero y junio del 2004 en la que se aprecian la cantidad en kilogramos de material desperdiciado mensualmente.

TABLA 4.16

ANALISIS RESUMIDO DEL DESPERDICIO DE MATERIALES EN Kg.

EQUIPO: TERMOFORMADORA BLISTER UPS 1020

MATERIAL	CODIGO	MATERIAL DESPERDICiado (kg/mes)					
		Ene-04	Feb-04	Mar-04	Abr-04	May-04	Jun-04
LAMINA PVC 178 0.25E TRANSP	013906	-2,37	-30,64	-69,17	-39,93	-106,13	-125,01
LAMINA PVC/PVDC 178M .250E	013901	-5,35	-30,62	-0,03	-41,43	-11,12	-2,78
ALUM BL.IMP MOXYLIN 1G 168MM	011877				-2,42	-0,63	0,21
ALUM BL.IMP AMPIBEX 500MG 168	011857	-6,02	-4,08	-4,55	-14,09	-17,29	-22,44
ALUM BL.IMP CEFADIN 500MG 168	011856	-0,34	-3,36	0,00	-9,69	-1,89	
ALUM BL.IMP AMPIBEX 1G 168	011855		-3,38	-4,00			-1,87
ALUM BL.IMP AMPIBEX 250MG 168	011854			-4,13		-3,72	
ALUM BL.IMP CEFADIN FORTE 168M	011841		-1,54		-1,34	0,01	
DESPERDICIO MENSUAL		-14,08	-73,62	-81,88	-108,90	-140,77	-151,89
TOTAL DE MATERIAL DESPERDICiado DE ENERO A JUNIO DEL 2004						-571,14	

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de flujo de materiales

⁶ Ver capítulo II; punto 2.3.4.2.1 Clasificación de fallas

Se debe indicar que el Anexo 4: (Precios referenciales de los materiales, Equipo: Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020), se utilizó para calcular los valores de la tabla 4.17 (Análisis resumido del desperdicio de materiales en dólares, Equipo: Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020), en la que se puede visualizar el costo del desperdicio mensual del material utilizado para empacar el producto.

TABLA 4.17

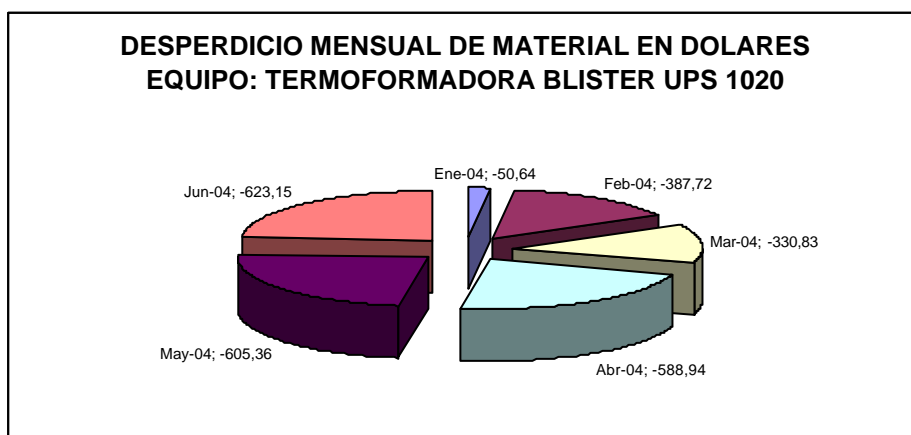
**ANALISIS RESUMIDO DEL DESPERDICIO DE MATERIAL EN DOLARES
EQUIPO: TERMOFORMADORA BLISTER UPS 1020**

MATERIAL	CODIGO	COSTO DE MATERIAL DESPERDICADO (USD/mes)					
		Ene-04	Feb-04	Mar-04	Abr-04	May-04	Jun-04
LAMINA PVC 178 0.25E TRANSP	013906	-8,52	-110,19	-248,76	-143,60	-381,69	-449,59
LAMINA PVC/PVDC 178M .250E	013901	-19,24	-197,71	-0,19	-267,51	-71,80	-17,95
ALUM BL.IMP MOXYLIN 1G 168MM	011877	0,00	0,00	0,00	-15,63	-4,07	1,36
ALUM BL.IMP AMPIBEX 500MG 168	011857	-21,65	-26,34	-29,38	-90,98	-111,64	-144,90
ALUM BL.IMP CEFADIN 500MG 168	011856	-1,22	-21,70	0,00	-62,57	-12,20	0,00
ALUM BL.IMP AMPIBEX 1G 168	011855	0,00	-21,82	-25,83	0,00	0,00	-12,07
ALUM BL.IMP AMPIBEX 250MG 168	011854	0,00	0,00	-26,67	0,00	-24,02	0,00
ALUM BL.IMP CEFADIN FORTE 168M	011841	0,00	-9,94	0,00	-8,65	0,06	0,00
		Ene-04	Feb-04	Mar-04	Abr-04	May-04	Jun-04
COSTO DE DESPERDICIO MENSUAL		-50,64	-387,72	-330,83	-588,94	-605,36	-623,15
COSTO TOTAL DE MATERIAL DESPERDICADO DE ENERO A JUNIO DEL 2004						-2.586,63	

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de flujo de materiales

GRAFICO 4.5



Elaborado Por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de flujo de materiales

El gráfico 4.5 (Desperdicio mensual de materiales en dólares, Equipo: Termoformadora blister UPS 1020), nos indica que durante todos los meses analizados, esto es de enero a junio del 2004, el equipo generó gran cantidad de desperdicio, llegando inclusive a utilizar el material por sobre el estándar preestablecido. Se empieza el estudio en este equipo a finales del mes de abril y conforme pasa el tiempo en la realización del estudio total se observan mejoras sustanciales relacionados con la disponibilidad, uso de materiales, tiempos de entrega programados etc.

Se debe indicar que la mayor atención y seguimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos vitales de la muestra, se centró en la Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020, ya que de la muestra seleccionada, constituye el equipo vital, cuyo paro no programado implica un mayor costo⁷, en relación a los otros equipos vitales, considerando también como el equipo con mayor registro de desperdicio en el uso de materiales. Además el gráfico 4.5 nos obligó a buscar otras causas al problema del desperdicio de material, para esto se hizo un seguimiento de las características de los materiales⁸ por considerarse una causa potencial probable de la baja disponibilidad y de las fallas permanentes del equipo.

Cabe señalar, con relación a los equipos vitales: selladora de frascos Strunck, y Llenadora selladora Macofar, no se realizaron análisis en el uso de

⁷ Ver tabla 4.12 Costo por paro no programado de maquinaria

⁸ Ver anexo 3: Particularidades de los materiales, Equipo: Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020

materiales (desperdicios), ya que sus estándares se registraron bajo los límites preestablecidos.

4.3.3 ANALISIS DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO: MUESTRA

En el análisis de estos costos, básicamente se consideraron aquellos incurridos en la reparación de fallas imprevistas, cuando los 3 equipos vitales se encontraban en pleno proceso productivo.

1. ANALISIS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO: TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020

El análisis de costos del mantenimiento correctivo, en la Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020, también consideró el costo de desperdicio del material (lámina PVC y PVC/PVDC), por ser uno de los costos con mayor valor representativo y generado por la falta de atención oportuna en la prevención de fallas.

En la tabla 4.18 (Costos del mantenimiento correctivo, Equipo: Termoformadora blister UPS 1020), se observan todos los rubros que formaron parte del mantenimiento correctivo, desde enero hasta julio del 2004. Llama la atención el rubro con mayor costo, correspondiente al paro de maquinaria, lo que equivale al 94.90%, del costo total.

Este análisis nos indica que el elevado costo de mantenimiento correctivo radica potencialmente en los paros no programados de maquinaria. Se aplicó el principio de Pareto para identificar esta causa vital, consecuentemente se tomaron acciones correctivas para recuperar la confiabilidad en el equipo, y con ello se logró minimizar el problema del elevado costo total de mantenimiento correctivo⁹.

TABLA 4.18

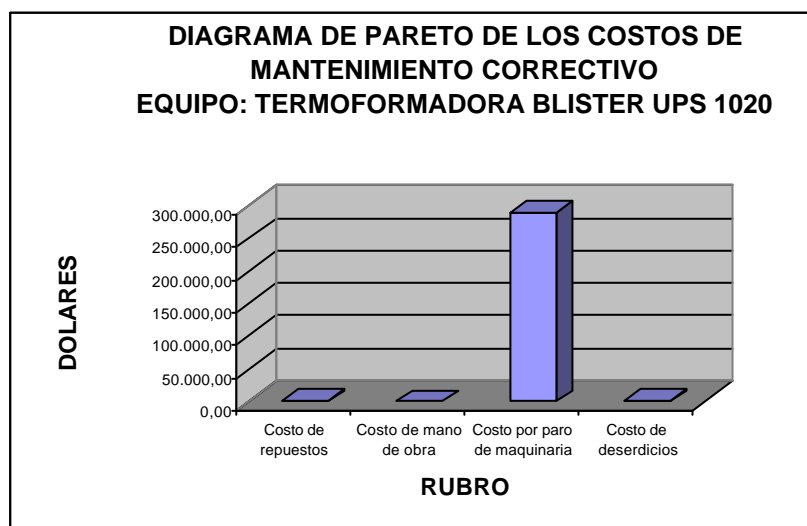
**COSTOS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO
EQUIPO: TERMOFORMADORA BLISTER UPS 1020**

ITEM	COSTO (DOLARES)	PORCENTAJE (%)
Costo de repuestos	881.10	0.30
Costo de mano de obra	81.88	0.03
Costo por paro de maquinaria	289.046.02	98.79
Costo de desperdicios	2.586.63	0.88
TOTAL	292.595,63	100,00

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Secciones de Ingeniería y Mantenimiento, Penicilinas

GRAFICO 4.6



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Secciones de Ingeniería y Mantenimiento, Penicilinas

⁹ En la tabla 6.7 (Costo por paro de maquinaria, Equipo: Termoformadora Blister UPS 1020), del Capítulo VI, se aprecia el resultado de la minimización de los costos de paro no planificado.

2. ANALISIS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO: SELLADORA DE FRASCOS STRUNCK

La tabla 4.19 (Costos del mantenimiento correctivo, Equipo: Selladora de frascos Strunck), refleja que el costo relacionado con los repuestos fue cero, ya que antes del estudio, éste equipo, fue completamente rediseñado para optimizar su funcionalidad y minimizar las fallas crónicas. Actualmente no se dispone de repuestos codificados, sin embargo a futuro se deberá incorporar al stock mínimo de repuestos, las partes con alta tasa de rotación y baja confiabilidad.

TABLA 4.19

COSTOS DEL MANTENIMIENTO CORECTIVO

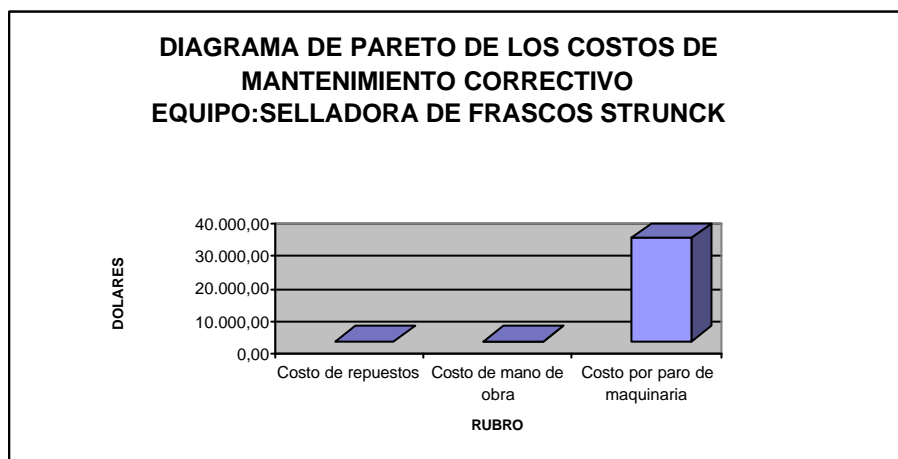
EQUIPO: SELLADORA DE FRASCOS STRUNCK

ITEM	COSTO (DOLARES)	PORCENTAJE (%)
Costo de repuestos	0,00	0,00
Costo de mano de obra	162,44	0,50
Costo por paro de maquinaria	32.145,60	99,50
TOTAL	32.308,04	100,00

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Secciones de Ingeniería y Mantenimiento, Jarabes

GRAFICO 4.7



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Secciones de Ingeniería y Mantenimiento, Penicilinas

Nuevamente en el gráfico 4.7 (Diagrama de Pareto de los costos de mantenimiento correctivo, Equipo: Selladora de frascos Strunck), se observa que el rubro, costo por paro de maquinaria es la causa vital del elevado costo de mantenimiento correctivo.

Para corregir el problema de fallas crónicas en el equipo, en el mes de febrero del 2004, y bajo la perspectiva del nuevo modelo de gestión del

mantenimiento, el equipo fue sometido a un completo estudio y ejecución de reingeniería que permitió volver a recuperar la confiabilidad perdida.

Mayores detalles y resultados de la aplicación del nuevo sistema de gestión del mantenimiento lo podemos observar en el Anexo 6: Informe resumido de la gestión de mantenimiento; Proyecto de reingeniería y reparación; Equipo: Selladora de frascos Strunck.

3. ANALISIS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO: LLENADORA SELLADORA MACOFAR

Similarmente la tabla 4.20 (Costos del mantenimiento correctivo, Equipo: Llenadora Selladora Macofar), consideró al costo de repuestos cero, ya que actualmente su stock de repuestos se mantiene en el estándar permitido que no implica gastos de reorden.

TABLA 4.20

COSTOS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

EQUIPO: LLENADORA SELLADORA MACOFAR

ITEM	COSTO (DOLARES)	PORCENTAJE (%)
Costo de repuestos	0,00	0,00
Costo de mano de obra	52,40	0,48
Costo por paro de maquinaria	10.793,25	99,52
TOTAL	10.845,65	100,00

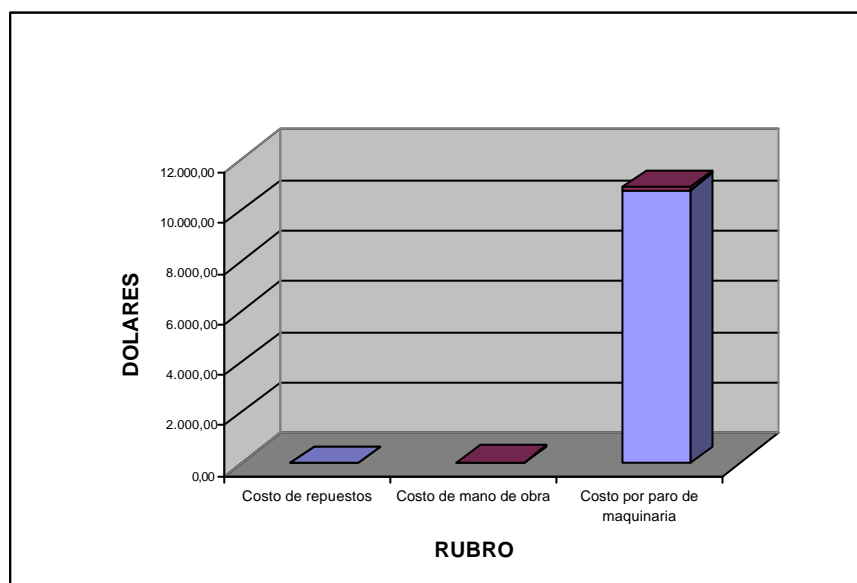
Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Sección de Ingeniería y Mantenimiento, Inyectables

GRAFICO 4.8

DIAGRAMA DE PARETO DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

EQUIPO: LLENADORA SELLADORA MACOFAR



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Sección de Ingeniería y Mantenimiento, Inyectables

De forma relativa y similar al costo del mantenimiento correctivo de los dos equipos vitales analizados anteriormente. En el gráfico 4.8 Diagrama de Pareto de los costos de mantenimiento correctivo, Equipo: Llenadora Selladora

Macofar), se observa que la causa vital para un alto costo de mantenimiento correctivo es el paro no programado de maquinaria.

4.3.4 ANALISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO: MUESTRA

TABLA 4.21

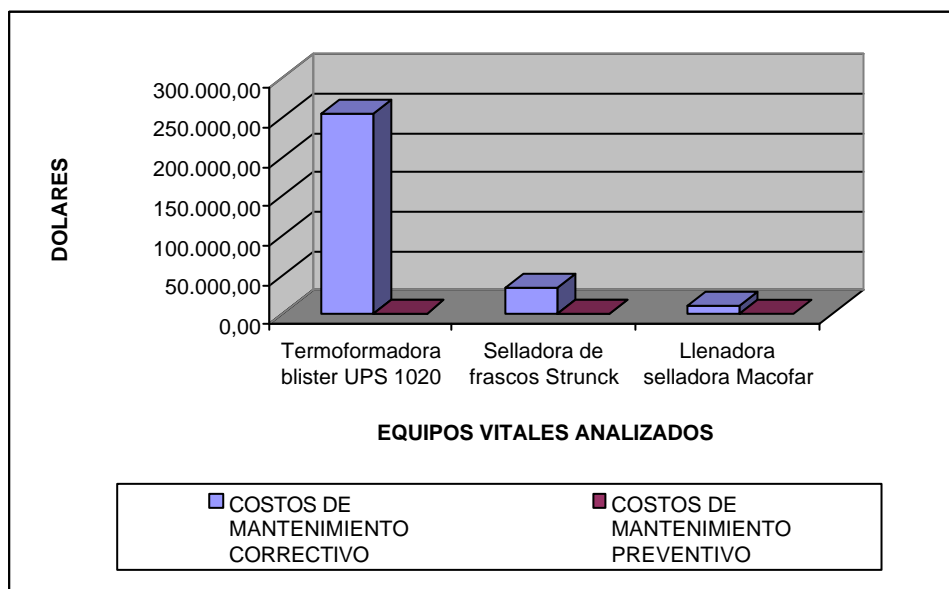
COSTOS DE MANTENIMIENTO CORECTIVO Y PREVENTIVO EQUIPOS VITALES DE LA MUESTRA

EQUIPO VITAL	COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
Termoformadora blister UPS 1020	254.056,08	252,52
Selladora de frascos Strunck	34.064,04	81,87
Llenadora selladora Macofar	10.845,65	37,24
TOTAL	298.965,77	371,63
GRAN TOTAL COSTOS MC y MP	299.337,40	
PORCENTAJE (%)	99,88	0,12

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Sección de Ingeniería y Mantenimiento, Centros Productivos

GRAFICO 4.9
COSTOS DE MANTENIMIENTO



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Sección de Ingeniería y Mantenimiento, Centros Productivos

La tabla 4.21 (Costos de mantenimiento, Equipos vitales de la muestra), resume un análisis de los costos desde enero hasta julio del 2004 correspondientes al mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos vitales: Termoformadora blister UPS 1020, Selladora de frascos Strunck y Llenadora selladora Macofar de la siguiente manera:

- **El costo de mantenimiento correctivo de los equipos vitales analizados es demasiado grande con relación al costo de mantenimiento preventivo.**
- **Durante el inicio del estudio, se da mayor atención a las labores del mantenimiento correctivo.**
- **La Termoformadora blister UPS 1020 es un equipo vital cuyos costos de mantenimiento correctivo implicaron costos de paro de maquinaria muy significativos.**

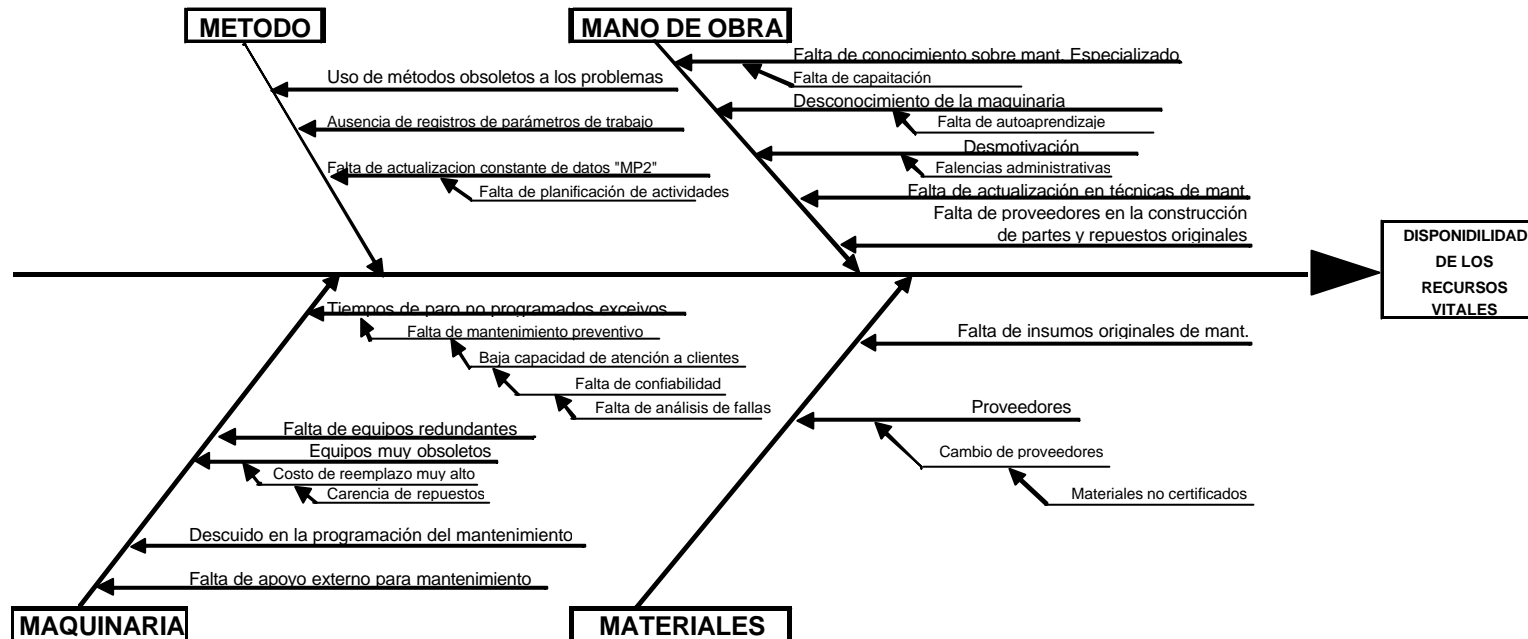
4.4 ANALISIS CAUSA-EFECTO APLICADO A LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS VITALES

Durante las reuniones llevadas a cabo con los involucrados en el estudio del nuevo sistema de gestión, se realizó un análisis global de la baja disponibilidad en los equipos vitales de los centros productivos, para ello utilizó el diagrama causa-efecto¹⁰, con el que se realizó una serie de sugerencias de mucha utilidad.

¹⁰ Ver capítulo II, punto 2.2.3.3 Análisis de problemas - Diagrama de causa-efecto

GRAFICO 4.10

ANALISIS CAUSA-EFECTO APLICADO A LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS VITALES



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Sección de mantenimiento y planta de producción de Life

El gráfico 4.10 nos indica las causas básicas (método, mano de obra, maquinaria y materiales), y las causas menores o subcausas que intervinieron en la búsqueda de una visión muy amplia y profunda del efecto de baja disponibilidad en los equipos vitales de la planta.

Adicionalmente se debe indicar que las causas atribuibles al sistema de mantenimiento de los equipos en general en toda la planta se deben básicamente a las siguientes causas:

- **Tiempos excesivos de paro no programado de maquinaria.**
- **Ausencia de un programa continuo de mantenimiento preventivo.**
- **Falta de actualización en técnicas de mantenimiento de maquinaria.**

CAPITULO V

PROPUESTA DEL NUEVO MODELO DE GESTION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

5.1 INTRODUCCION

La optimización del nuevo modelo se basó en los estudios realizados a los tres equipos vitales¹ y en el soporte teórico de la optimización de recursos. Se procedió así para buscar la efectividad del sistema de gestión, basado en el mejoramiento de la disponibilidad de los equipos vitales de la muestra y en la optimización de los costos del mantenimiento de los mismos.

¹ Ver capítulo 3, punto 3.4 Población - muestra

5.2 GENERALIDADES

El diseño del sistema de gestión del mantenimiento propone dar una perspectiva productiva al mantenimiento. Para esto la nueva gestión del mantenimiento propone utilizar la técnica de *mejoramiento de la productividad basado en la acción de los recursos vitales de toda la planta* y en el aprovechamiento eficaz de los recursos disponibles.

5.3 RECURSOS DISPONIBLES

El nuevo sistema de gestión de mantenimiento básicamente necesita accionar e interrelacionar con los otros sistemas en toda la planta, para esto la empresa dispone de los siguientes recursos:

- **Recursos Materiales**
- **Recursos Financieros**
- **Recursos Humanos, y**
- **Tiempo.**

La propuesta relaciona y considera a estos recursos inmersos en el recurso tiempo, como parte fundamental de la gestión de la función mantenimiento, que junto a las técnicas, programas y procedimientos de mantenimiento, permitirán maximizar la disponibilidad de los recursos vitales de Life.

5.4 GESTION DE RECURSOS

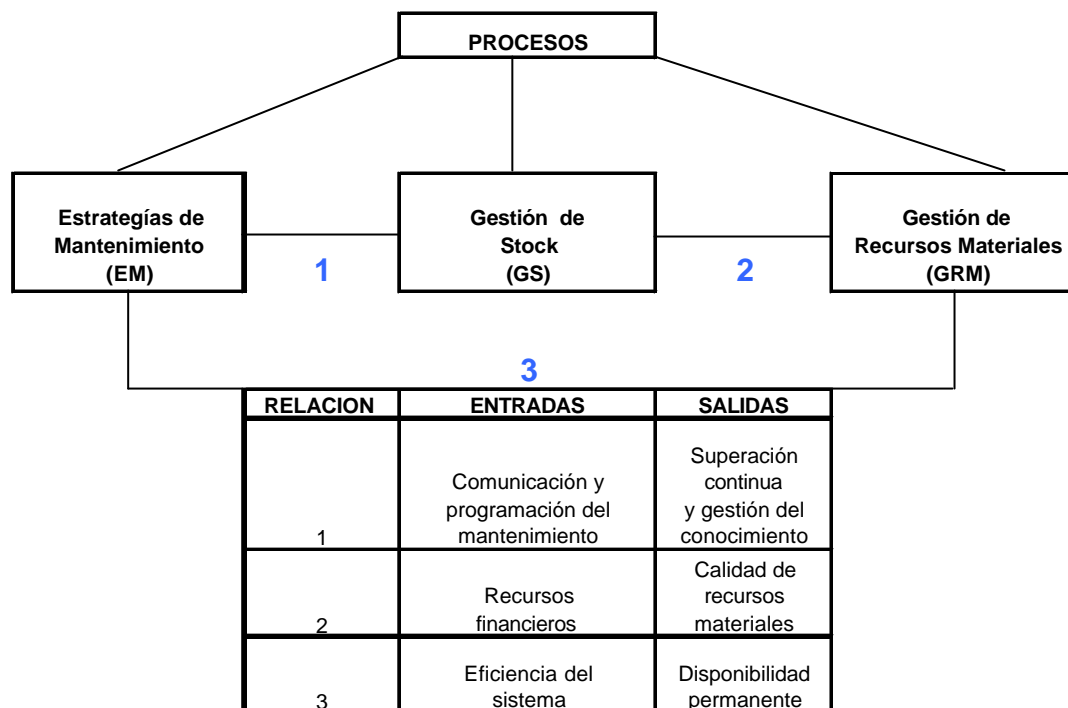
Se ha considerado que el resultado de la *Gestión de los Recursos Materiales (GRM)* se conseguirá relacionando, la programación del mantenimiento preventivo, como parte fundamental de la *Estrategias de Mantenimiento (EM)* a aplicarse en los equipos vitales, que junto a una eficaz *Gestión de Stock (GS)* permitirá disponer en el momento indicado, los materiales, insumos y repuestos de mantenimiento para los equipos vitales. Esta propuesta se conseguirá mediante las *Herramientas de Gestión del Mantenimiento (HGM)*, como son la planeación, organización, ejecución y control de las tareas del mantenimiento programado.

Haciendo referencia al triángulo de la gestión del mantenimiento² y aplicándolo particularmente al nuevo sistema de gestión de mantenimiento de Life, básicamente se pretende analizar y reforzar los procesos referidos a los elementos de *Gestión de Stock (GS)*, *Gestión de Recursos Materiales (GRM)*, que junto las *Estrategias de Mantenimiento (EM)* a emplear, deben estimular el **ÉXITO** como resultado de la nueva gestión del mantenimiento.

² Ver gráfico 2.3 (Triángulo de la gestión del mantenimiento) del capítulo II, punto 2.2.1 Sistema, gestión y mantenimiento

RELACION ENTRE LOS PROCESOS DE LA GESTION DEL MANTENIMIENTO

GRAFICO 5.1



Elaborado por: Pablo Anaguano

Adicionalmente, el diseño del gráfico 5.1 (Relación entre los procesos de gestión del mantenimiento), pretende facilitar el reconocimiento de las relaciones entre los procesos analizados, que junto a sus elementos de entrada y salida ayudarán a que la función de mantenimiento interactúe con todos los centros productivos de la planta y con algunas funciones de la organización.

Finalmente, las *Estrategias de Mantenimiento (EM)*, en el nuevo modelo de gestión, pretende definir en gran medida el tipo de mantenimiento a aplicarse y la forma de realizar las labores de mantenimiento correctivo y preventivo en

todos los recursos jerarquizados como vitales que aproximadamente representan el 23% de todos los recursos en la planta, constituyéndose según la aplicación del principio de Pareto, en las causas vitales sobre los que se debe trabajar continuamente para solucionar el 80% de los problemas del mantenimiento productivo.

5.4.1 GESTIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS

Básicamente, la *Gestión del Recurso financiero (GRF)*, propone que la optimización del actual sistema de gestión del mantenimiento se puede conseguir mediante una gestión operacional segura a cargo del staff de gerentes del área financiera, marketing, mantenimiento y producción. Esto ayudará a disponer de los elementos financieros necesarios para desarrollar con éxito y en un medio ambiente propicio todas las tareas encaminadas al mejoramiento del mantenimiento productivo de los equipos vitales de Life.

5.4.2 GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La *Gestión de los Recursos Humanos (GRH)* se realizará mediante la *Gestión de la información (GIN)*, referente a los procedimientos y técnicas de mantenimiento, equipos vitales, programación del mantenimiento, etc. Esto se pretende conseguir a través de la *Comunicación (COM)* y la *Superación Continua (SCO)* de las personas involucradas en el proceso de optimización del mantenimiento de los recursos vitales.

ASIGNACION DEL RECURSO HUMANO

Es necesario que la implantación del nuevo sistema esté a cargo de un coordinador responsable de la gestión de todos los recursos vitales y tres técnicos especialistas para las intervenciones preventivas como se indica en la tabla 5.1

TABLA 5.1
RESPONSABLES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EQUIPOS VITALES DE LIFE

Sección	Código máquina	Categoría	Responsable	Cantidad por área
Penicilinas	10	vital	Coordinador	20
Sueros	10	vital	T. Especialista N° 1	19
Empaque	10	vital	T. Especialista N° 1	7
Inyectables	10	vital	T. Especialista N° 2	17
Bodegas	10	vital	T. Especialista N° 2	4
Galénicos	10	vital	T. Especialista N° 2	1
Biológico	10	vital	T. Especialista N°3	12
Bodegas	9	vital	T. Especialista N°3	2
Agrovet	10	vital	T. Especialista N°3	5
Galénicos	9	vital	T. Especialista N°3	8
Apoyo crítico	10	vital	T. Mantenimiento	16
Total vitales				111

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Centros Productivos de Life, MP2 de mantenimiento

En la tabla 5.1 (Responsables de mantenimiento preventivo, Equipos vitales de Life), se observa que en la sección de penicilinas existe mayor número de equipos vitales, algunos de los cuales están compuestos de subsistemas más complejos, con relación a los demás equipos vitales de la tabla. Por ello el nuevo sistema se propone que la gestión de mantenimiento de éstos equipos, este a cargo de un líder coordinador responsable del mantenimiento de los equipos

vitales asignados a su cargo, como de la programación, dirección, y control del mantenimiento preventivo a efectuarse en todos los recursos vitales de la planta, de acuerdo a la programación anual de la tabla 5.3 (Programa maestro de mantenimiento preventivo, Equipos vitales de Life).

También en la tabla 5.1 se pretende responsabilizar a los técnicos, agrupando los equipos por la sección donde se encuentran y por su similitud de funcionalidad y diseño constructivo. En el principio esta distribución pretende buscar la especialización de cada técnico responsable en los equipos asignados. Adicionalmente, durante la ejecución de la propuesta se pretende compartir la experiencia adquirida entre los cuatro técnicos, para posteriormente evaluar los resultados y proponer una rotación de horarios y responsabilidades.

Finalmente un componente importante que propone el nuevo modelo es la práctica constante de la *Gestión de la Calidad Total (GCT)*, desde el principio, aplicado a todos los procedimientos relacionados con el sistema de la *Gestión del Mantenimiento Productivo*.

CAPACITACION EN MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO

Una de las partes más importantes de la nueva propuesta, constituye la implementación de un sistema de capacitación del recurso humano relacionado con la gestión de los recursos vitales. Para ello, en la tabla 5.2 se propone planificar las actividades necesarias que posteriormente ayudarán a seleccionar

los temas de capacitación de acuerdo al cronograma del Anexo 5: (Cronograma de ejecución)

TABLA 5.2

ACTIVIDADES PLANIFICADAS

ACTIVIDAD	PARA QUE	DONDE	COMO	QUIEN
<i>1. Estudio del equipo vital</i>				
1.1 Subsistemas.	Familiarización con los componentes del equipo.	Equipos vitales, Dpto. de mantenimiento.	Revisión de manuales y catálogos, trabajo de campo.	Técnicos responsables.
1.2 Lugares de inspección, ajustes periódicos.	Diseño de planes de mantenimiento preventivo.	Equipos vitales, Dpto. de mantenimiento	Entrevistas con operadores responsables estudio de catálogos.	Técnicos responsables.
1.3 Lugares de inspección, frecuencia de recambio.	Diseño de planes de mantenimiento preventivo.	Equipos vitales, Dpto. de mantenimiento.	Trabajo de campo, revisión de catálogos.	Técnicos responsables.
1.4 Puntos de lubricación y frecuencia de ejecución.	Diseño de planes de mantenimiento preventivo.	Equipos vitales, Dpto. de mantenimiento.	Trabajo de campo, estudio de catálogos.	Técnicos responsables.
1.5 Identificación de herramientas necesarias para mantenimiento.	Facilitar el desarrollo de las tareas de mantenimiento.	Equipos vitales.	Entrevistas operador responsable de equipo, supervisor del área.	Coordinador, Técnicos responsables.
1.6 Stock mínimo de repuestos vitales.	Minimizar los paros no programados por espera de repuestos.	Bodega de repuestos, "MP2" para mantenimiento.	Actualización constante del inventario físico.	Bodeguero, técnicos de mantenimiento
1.7 Estudio de costos de repuestos	Planificar acertadamente los presupuestos	Departamento de ingeniería, "MP2", Importaciones	Consulta, órdenes de compra.	Coordinador.

<p>2. <i>Diseño e implementación de formularios.</i></p> <p>2.1 Programa anual de mantenimiento.</p> <p>2.2 Calibración de parámetros de trabajo.</p> <p>2.3 Guía para uso de formatos.</p> <p>2.4 Planes anuales de inspección</p>	<p>Cumplir eficazmente las tareas programadas de mantenimiento y sin interferencia en la producción.</p> <p>Optimizar la confiabilidad del equipo en funcionamiento.</p> <p>Prevenir equivocaciones en el cambio de formatos.</p> <p>Prevenir a tiempo fallas que representan paros no programados de producción.</p>	<p>Equipos vitales.</p> <p>Equipos vitales.</p> <p>Equipos vitales.</p> <p>Departamento de ingeniería, equipos vitales.</p>	<p>Asistido por procedimientos propios de la empresa.</p> <p>Mediante estudio de catálogos, trabajo de campo.</p> <p>Entrevistas a operadores responsables, uso de catálogos.</p> <p>Considerando las necesidades del equipo y haciendo uso de los formularios desarrollados.</p>	<p>Ejecutor del estudio,</p> <p>Coordinador.</p> <p>Técnicos y operadores responsables.</p> <p>Coordinador, técnicos responsables</p>
<p>3. <i>Inicio de capacitación de técnicos responsables de los equipos vitales</i></p> <p>3.1 Lanzamiento del nuevo sistema de gestión.</p> <p>3.2 Aplicación de la filosofía MTP.</p> <p>3.3 Análisis de temas de capacitación.</p> <p>3.4 Programación de capacitación</p>	<p>Comprometer el apoyo de la gerencia de mantenimiento con el nuevo sistema.</p> <p>Divulgar criterios de MTP aplicado al nuevo sistema de gestión.</p> <p>Jerarquizar temas necesarios.</p> <p>Determinar calendario de charlas.</p>	<p>Sala de capacitación, Áreas productivas</p> <p>Sala de capacitación, Áreas productivas</p> <p>Departamento de ingeniería</p> <p>Sala de capacitación, taller de mantenimiento, centros productivos.</p>	<p>Reunión de información</p> <p>Charla</p> <p>En función de las necesidades de los equipos vitales, a través de temas de tecnología de mantenimiento.</p> <p>Profundidad necesaria.</p>	<p>Ejecutor del estudio, gerente de mantenimiento</p> <p>Ejecutor del estudio, supervisores de producción.</p> <p>Ejecutor del estudio, coordinador.</p> <p>Ejecutor del estudio, coordinador.</p>

3.5	Capacitación.	Impartir conocimientos.	Sala de capacitación, taller de mantenimiento, centros productivos.	Disponibilidad de tiempo. Charlas teórico prácticas	Ejecutor del estudio
4.	<i>Mantenimiento preventivo</i>				
4.1	Planificación del mantenimiento preventivo de los equipos vitales	Definir tareas de MP y frecuencias.	Departamento de ingeniería y mantenimiento.	Recopilación y análisis de información, coordinación con producción y planificación de la producción.	Ejecutor del estudio, operadores responsables superv. Prod.
4.2	Programación del mantenimiento preventivo de los equipos vitales.	Definir programa maestro.	Departamento de ingeniería y mantenimiento.	Aplicando programas y conocimientos transmitidos, con asesoría del ejecutor del estudio.	Ejecutor del estudio, operadores responsables.
4.3	Implementación y desarrollo de programas.	Ejecutar actividades programadas.	Equipos vitales.		
5.	<i>Mantenimiento autónomo y predictivo</i>				
5.1	Planificación y programación del mantenimiento autónomo y predictivo.(check list para inspección).	Definir tareas no asistidas de mantenimiento, plan maestro para mantenimiento autónomo.	Departamento de ingeniería, "MP2".	Considerando al mantenimiento preventivo. Retroalimentación de MP	Ejecutor del estudio. Departamento de ingeniería..
5.2	Implementación.	Reducir dependencia del departamento de mantenimiento	Centros productivos.	Checlist y programas.	Operadores responsables.
6.	<i>Mantenimiento productivo</i>	Optimizar el mantenimiento y la productividad.	Recursos vitales de Life	Minimizando los paros no programados de los equipos vitales.	Operadores responsables.

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Ingeniería y mantenimiento, Centros productivos, MP2 de mantenimiento

5.4.3 GESTION DEL TIEMPO

El nuevo modelo considera que el recurso tiempo, prácticamente es un recurso intangible que esta inmerso en los anteriores recursos, al que no se puede modular, simplemente debemos aprovecharlo adecuadamente durante los tres o cuatro años, tiempo aproximado que nos servirá para planear, organizar, ejecutar y controlar los aspectos relacionados con el estudio de todos los equipos vitales de la planta.

5.4.4 GESTION DE EQUIPOS VITALES

El nuevo sistema de gestión de equipos propone auxiliar la evaluación de los criterios de intervención y del proceso de gestión mediante índices, que puedan generar informes mensuales, trimestrales, ó semestrales, en función del deseo y capacidad de análisis de los usuarios.

Para el análisis de los informes de la gestión de equipos vitales se sugiere utilizar el *Índice de Disponibilidad*, pues con éste se podrá hacer un análisis selectivo de los equipos vitales, cuyo comportamiento operacional está por debajo de los estándares aceptables. Para ello se propone realizar un seguimiento mensual de la disponibilidad de los equipos vitales para establecer un límite mínimo aceptable de sus valores.

En la tabla 5.3 (Tabla de disponibilidad, Equipos vitales seleccionados), se observan los equipos vitales de cada centro productivo, a los cuales el nuevo

sistema de gestión los escogió intencionalmente, para empezar a registrar los porcentajes de disponibilidad mensual. Adicionalmente se sugiere que en la misma tabla se pueden representar los valores promedios de disponibilidad del período anterior (12 meses anteriores al actual o más) y del período actual, lo cual permitirá realizar análisis de disponibilidad en períodos cortos y tomar acciones correctivas mediante la función denominada Análisis de fallas.

TABLA 5.3
TABLA DE DISPONIBILIDAD
EQUIPOS VITALES SELECCIONADOS

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS															
SECCION	EQUIPO	Prom. Anterior	MESES												Prom. Actual
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
AGROVET															
	Compresor de aire U.S														
	Bomba centrífuga ALFA-LAVAL														
APOYO CRITICO															
	Sistema de agua potable														
	Sistema de agua desmineralizada														
	Sistema de aire comprimido														
	Sistema de energía eléctrica														
	Sistema de vapor y condensado														
BIOLOGICO															
	Reactor bacterinas OLSA 500Lt														
	Congeladora Horizontal SO-LOW														
	Liofilizadora STOKES														
	Autoclave H1														
BODEGAS															
	Montacarga Eléctrico INCAB N°2														
	Sistema de ventilación de la cabinas de pesaje														
EMPAQUE															
	Reactor tanque TONAZZI														
	Reactor MAMBRETTI														
	Selladora de frascos STRUNCK														
	Termoformadora plaquetas FARMORES														
GALENICOS															
	Selladora Uhlmann HSIII														
	Mezcladora en "V" PATTERSON														
	Tableteadora rotativa RONCHI														
	Selladora Blister UHLMANN UPS 200														
INYECTABLES															
	Reactores de 200 lt OLSA														
	Destilador TV-1000														
	Llenadora selladora Macofar														
	Llenadora selladora (compacta) STRUNCK														
PENICILLINAS															
	Compactadora Regranuladora ALEXANDERWER														
	Encapsuladora PARKE DAVIS														
	Lavadora de Frascos NERI														
	Encapsuladora MG2														
	Blister Uhlmann UPS 1020														
	Macrodosificadora selladora FARMOMAC														
	Microdosificadora Polvos MACOFAR														
SUEROS															
	Autoclave Olsa														
	Impresora Ink Jet dómino codebox2														
	Intercambiador de calor del autoclave Olsa														
	Selladora e impresora de fundas Dobby														

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Centros productivos de Life, MP2 de mantenimiento

5.4.5 GESTION DE COSTOS

El nuevo modelo de gestión pretende considerar al costo de mantenimiento por el valor de reposición como un costo característico y exclusivo de los recursos vitales de Life.

Para ello se debe empezar a registrar en tablas y gráficos, los valores correspondientes al costo de mantenimiento por el valor de reposición de los doce últimos meses ya que con éstos se pretende personalizar los valores acumulados de cada recurso vital y optimizar los costos del mantenimiento.

5.5 EVALUACION DEL SISTEMA DE GESTION DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

El nuevo sistema de gestión del mantenimiento pretende facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, a través de la creación de informes precisos y concisos formados por tablas de índices y gráficos proyectados que posteriormente permitirán tomar decisiones eficaces a cada nivel de gestión.

5.5.1 ANALISIS DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO DESPUES DEL ESTUDIO

La tabla 5.4 (Costos de mantenimiento después del estudio), resume los costos de mantenimiento en la planta desde julio hasta Noviembre del 2004.

TABLA 5.4

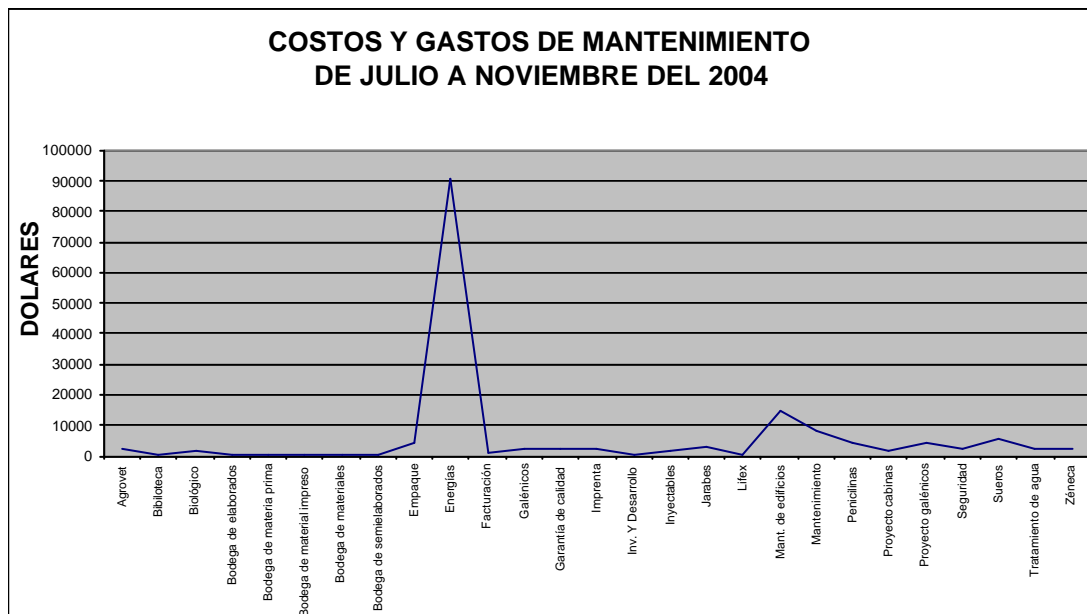
COSTOS DE MANTENIMIENTO DESPUES DEL ESTUDIO

CENTRO DE COSTOS	COSTOS De Enero a Junio del 2004
Agrovet	1.478,42
Biblioteca	72,56
Biológico	952,87
Bodega de elaborados	738,96
Bodega de materia prima	2.730,60
Bodega de material impreso	155,48
Bodega de materiales	205,20
Bodega de semielaborados	25,89
Empaque	2.617,59
Energías	35.249,46
Facturación	690,00
Galénicos	936,04
Garantía biológica	353,89
Garantía de calidad	52,16
Imprenta	1.376,38
Inv. Y Desarrollo	110,15
Inyectables	4.325,49
Jarabes	662,67
Lifex	56,00
Mant. de edificios	7.632,13
Mantenimiento	1.819,60
Penicilinas	9.502,73
Producción	1.466,62
Proyecto cabina de pesaje	2.862,61
Proyecto cabinas	1.504,02
Proyecto galénicos	5.816,51
Proyecto solar	4.490,08
Seguridad	5.754,07
Sueros	3.271,37
Tratamiento de agua	1.254,99
Veterinaria	112,00
Zéneca	97,80
TOTAL GENERAL	98.374,34

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

GRAFICO 5.2



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

La nueva gestión de costos del mantenimiento pretende que estos costos sean cargados y clasificados ordenadamente a los respectivos centros de costos de acuerdo al Anexo 9: (Porcentajes de distribución de los gastos de los centros de servicios)³, el cual indica una referencia porcentual límite de gastos, en las que las áreas de servicio deben mantenerse durante el año 2004.

Es necesario que los gastos de mantenimiento ocasionados por lo centros de servicios sean ordenados y agrupados conforme las especificaciones porcentuales del Anexo 9, de esta manera el sistema de gestión de costos, constantemente debe actualizar su base de datos, de tal manera que se facilite la proyección del presupuesto anual de gastos para todos los centros de servicios a cargo del departamento de mantenimiento.

En el gráfico 5.2 (Costos y gastos de mantenimiento de julio a noviembre del 2004), se observa que el costo por servicio de Energías, ha experimentado un decremento moderado con relación al análisis de los costos de mantenimiento de enero a junio del 2004. Se nota también que aparecen nuevos gastos de servicios, debido a la realización permanente de nuevos proyectos dentro de la empresa, a cargo de la gestión del departamento de mantenimiento.

³ Fuente: Departamento de contabilidad de Life.

5.6 JERARQUIZACION DE LOS RECURSOS DE LIFE

Con la jerarquización de los recursos de Life⁴, el nuevo modelo de gestión del mantenimiento sugiere, que de los 495 recursos inventariados en toda la planta, solamente el 22,42% corresponde a los recursos vitales que de acuerdo al principio de Pareto, se constituyen en los recursos vitales para solucionar aproximadamente el 80% del problema relacionado con el mantenimiento productivo.

Se indica que a éstos recursos el nuevo sistema de gestión sugiere proporcionar rutinas de mantenimiento programado muy exigentes, mantenimiento predictivo en tiempo real, rutinas de inspección que ayuden a revelar las posibles fallas; para esto se recomienda la instalación de elementos redundantes que reemplacen a los recursos vitales principales mantenidos bajo esta propuesta.

5.7 APLICACIÓN DEL INDICE (ICGM) SIMPLIFICADO

El nuevo modelo de gestión a través del ICGM propone que varias órdenes de trabajo generadas la vez pueden ser eficazmente administradas y controladas, por ello con la aplicación del ICGM, todas las órdenes de trabajo deben ser cumplidas, considerando que la orden de trabajo con ICGM más alto, es la que se debe cumplir en primera instancia. Igualmente el resto de órdenes

⁴ Ver Capítulo VI: Resultados; Inventario Jerarquizado de Mantenimiento

deben ser cumplidas, considerando la subsiguiente orden con ICGM inmediatamente inferior al de la primera orden de trabajo.

Este nuevo sistema de gestión de las órdenes de trabajo es muy dinámico y fácil de aplicarlo, ya que todos los valores del código máquina para los equipos vitales se evalúan directamente con un valor de 10 y algunos con un valor de 9; los valores relativos al código trabajo se evalúan de acuerdo a lo solicitado en las órdenes de trabajo⁵.

Por lo tanto el nuevo modelo de gestión de las órdenes de trabajo, considera que el ICGM es una herramienta muy útil para la eficaz gestión del mantenimiento, y fácil de calcular a través del producto entre los factores de los códigos máquina y trabajo.

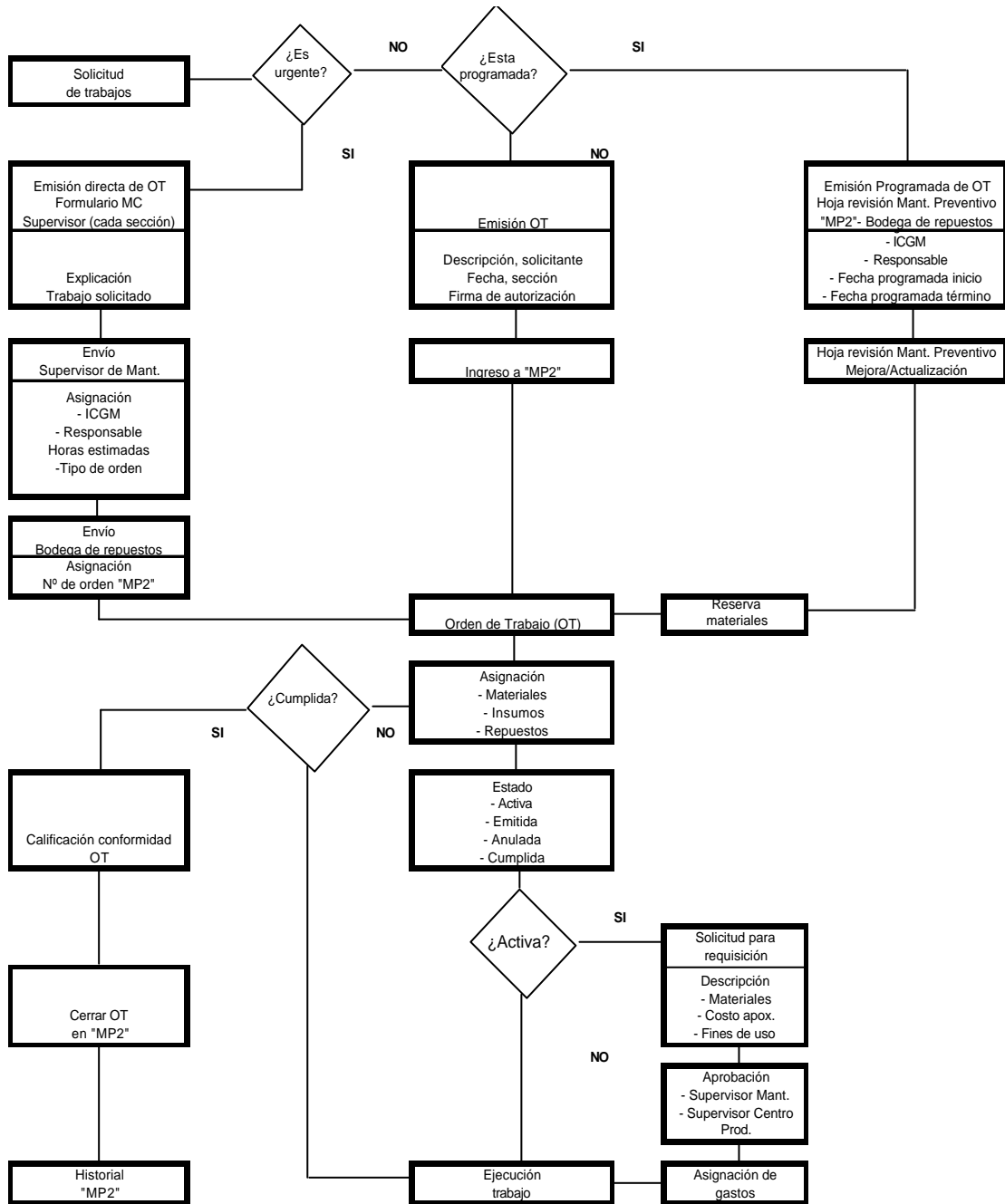
5.7.1 PROPUESTA DE PROCESAMIENTO DE INFORMACION DE LAS ORDENES DE TRABAJO

Para procesar y controlar eficazmente las órdenes de mantenimiento de los equipos vitales, se recomienda que el nuevo sistema de gestión utilice el diagrama de flujo del gráfico 5.3 (Flujograma y procesamiento de información de las órdenes de trabajo), el cual nos indica qué ruta seguir para conseguir el mejor procesamiento de la información en el “MP2” y la ejecución de las labores de mantenimiento antes y después.

⁵ Para mayor información referirse a la tabla 2.4 (Criterios para la elaboración del código trabajo), del Capítulo II, punto 2.2.3.2

GRAFICO 5.3

FLUJOGRAMA Y PROCESAMIENTO DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, MP2 de Mantenimiento

5.8 PROGRAMA MP2 DE MANTENIMIENTO Y TABLAS DE CODIFICACION

El nuevo sistema de gestión pretende revisar constantemente al software MP2 del departamento de mantenimiento, para determinar, actualizar y procesar la base de datos relacionada con el sistema de gestión del mantenimiento de los recursos de la planta.

Se debe indicar que los registros que ayudarán a recolectar los datos del “MP2”, son los siguientes:

- **Historial de las órdenes de trabajo**
- **Ordenes de trabajo y datos de operación**
- **Equipos**
- **Localización**
- **Mano de obra**
- **Inventario**
- **Tareas.**

En cuanto a las tablas de codificación se debe mencionar que todos los recursos dentro del software MP2, deben disponer de campos específicos para sus códigos que identifican los grupos y tipos de equipos, fabricante, localización física, periodicidad, recursos humanos y toda la información relacionada a los equipos, los cuales ayudarán a filtrar los requerimientos del estudio.

5.9 PROPUESTA MEJORADA DE LA PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

OPTIMIZACION DE FECHAS Y FRECUENCIAS DE INTERVENCION

El nuevo diseño considera un equilibrio entre la cantidad de equipos vitales y la frecuencia de intervención en mantenimiento preventivo, de tal forma que el tiempo disponible y las fechas programadas para la ejecución del mantenimiento de dichos equipos no se choquen ni se tornen demasiado apretados para el personal técnico responsable del mantenimiento preventivo.

Adicionalmente la nueva programación anual, propone agrupar los equipos, considerando básicamente, el tipo de equipo, las horas de operación antes del mantenimiento preventivo y fundamentalmente aplica los criterios de los tipos de mantenimiento autónomo y progresivo.

DISEÑO DE LA PROGRAMACION MAESTRA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El diseño de la tabla 5.5 (Programa maestro de mantenimiento preventivo, Equipos vitales de Life), incluye al *número de la tarea*⁶, como a un componente importante de la programación del mantenimiento preventivo de los equipos vitales.

⁶ Código del “MP2” de mantenimiento, compuesto de cinco números que identifican al número de equipo vital, seguido de un guión y una letra para indicar la frecuencia del mantenimiento preventivo programado, ó seguido de un guión y tres letras para identificar las tareas de instrumentación.

TABLA 5.5

**PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EQUIPOS VITALES DE LIFE**

Nº DE EQUIPO	EQUIPO	UBICACION	MESES														
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC			
414-06	Compresor de aire US	Agrovet				41408-A											
	Bomba centrifuga ALFA-LAVAL	Agrovet								41310-A							
	Bomba trasvasadora de Pix MYERS	Agrovet									41308-A						
413-12	Tanques almacenamiento Kerex 1000 lt (2)	Agrovet													41312-A		
	Llenadora de pix ALFRED METZ	Agrovet													41303-A		
	Sistema de GLP	Apoyo crítico	X						X								
	Sistema de agua potable	Apoyo crítico		X						X							
	Sistema telefónico	Apoyo crítico			X												
	Ascensor N° 6 (Imprenta - Sueros - Empaque)	Apoyo crítico				X									X		
	Sistema de agua desmineralizada	Apoyo crítico				X											
	Ascensor N° 7 (Bodega de elaborados - Empaque)	Apoyo crítico						X								X	
	Sistema de desagües	Apoyo crítico						X									
	Ascensor N° 8 (Bodega de materia prima - Galénicos - Terraza)	Apoyo crítico							X								X
301-02	Sistema de detectores de incendio	Apoyo crítico	80102-B			80102-B			80102-B			80102-B					80102-B
	Sistema de red informática	Apoyo crítico									X						
	Sistema de aire comprimido	Apoyo crítico										X					
	Sistema de parlantes	Apoyo crítico											X				
	Sistema de energía eléctrica	Apoyo crítico															X
	Sistema de protección a tierra	Apoyo crítico															X
308-03	Ascensor N° 3 (Compresores - Inyectables)	Apoyo crítico							X								X
	Módulo de flujo laminar de vacunas	Apoyo crítico								X							X
311-76	Reactor bacterinas OLSA 500LI	Biológico	X							X							
311-21	Congeladora Horizontal SO LOW	Biológico			31176-A						31176-ins						
	Módulo de flujo lujó laminar flow modu 2x4 (siembra de vacunas)	Biológico			31121-A												
	Llenadora de viales Baltimore	Biológico			X												
311-05	Liofilizadora STOKES	Biológico						X									31105-ins
311-14	Autoclave H2	Biológico			31114-ins							31114-A					
311-73	Autoclave H1	Biológico			31173-ins							31173-A					
311-51	Cámara fría grande	Biológico											31151-A				
311-61	Reactor PELLEGRINI	Biológico															31161-A
311-01	Montacarga Eléctrico INCA B N°1	Bodegas	X							X							
312-04	Montacarga Eléctrico INCA B N°2	Bodegas		X							X						
	Cargador de baterías	Bodegas				X										X	
	Congelador Ecasa (Bodega de veterinarios)	Bodegas							X								
	Sistema de ventilación de las cabinas de pesaje	Bodegas				X										X	
	Módulo de flujo laminar (Jarabes)	Empaque	X					X					X				
104-19	Reactor tanque TONAZZI	Empaque			10419-A												
	Rotadora de ampollas LIFE	Empaque						X									X
104-20	Reactor MAMBRETTI	Empaque							X								10420-ins
104-02	Llenadora de frascos STRUNCK	Empaque	10402-S							10420-A		10402-S					
515-06	Termoformadora plaquetas FARMORES	Empaque			51506-S								51506-S				51506-ins
	Impresora Ink Jet linx	Empaque															X
101-67	Bomba Peristáltica	Galénicos		X													
101-05	Tableteadora de una estación STOKES	Galénicos							10105-A								
101-58	Selladora Uhlmann HS11	Galénicos	10158-S									10158-S					
101-15	Mezcladora en "V" PATTERSON	Galénicos											10115-A				
101-26	Pala para grageado MONTANARI	Galénicos		10126-ins									10126-A				
101-01	Tableteadora rotativa RONCHI	Galénicos	10101-S										10101-S				
101-03	Tableteadora rotativa MANESTY	Galénicos			10103-ins								10103-A				
	Durómetro	Galénicos												X			
516-03	Selladora Blister UHLMANN UPS 200	Galénicos								51603-ins							51603-A
	Sistema de oxígeno	Inyectables	X							X							
	Sistema de nitrógeno	Inyectables	X							X							
207-17	Reactores de 200 lt OLSA	Inyectables			20717-A								20717-ins				
206-07	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°1	Inyectables			20607-A												
209-01	Destilador TV-1000	Inyectables			20901-As								20901-ins				
208-01	Filtro ERTL	Inyectables			20801-A												
206-10	Filtro SEITZ	Inyectables				20610-A											
208-12	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°3	Inyectables								20812-A							
206-12	Lavadora de Frascos STRUNCK	Inyectables		20612-ins									20612-A				
207-01	Lavadora de ampollas (compacta) STRUNCK	Inyectables				20701-ins									20701-A		
207-13	Llenadora selladora (compacta) STRUNCK	Inyectables			20713-S										20713-S		20713-ins
207-14	Tónel de esterilización(compacta)STRUNCK	Inyectables							20714-ins						20714-A		
208-09	Reactores de 500 lt OLSA	Inyectables				20809-ins									20809-A		
206-11	Llenadora selladora MACOFAR	Inyectables			20611-ins				20611-S							20611-S	
	Sistema HVAC	Inyectables														X	
207-10	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°2	Inyectables															20710-A
001-03	Limpiadora de cápsulas MG2	Penicilinas	00103-A														
	Fajadora de frascos BHELMAN	Penicilinas		X							X						
002-11	Etiquetadora BAUSCH-STROBEL	Penicilinas															
001-04	Compactadora Regranuladora ALEXANDERWER	Penicilinas			00104-A												
003-01	Estufa # 3 STRUNCK	Penicilinas				00301-S					00301-ins				00301-S		
001-12	Encapsuladora PARKE DAVIS	Penicilinas				00112-S									00112-S		
001-02	Seleccionadora de cápsulas SC MG2	Penicilinas							00102-A								
206-01	Lavadora de Frascos NERI	Penicilinas							20601-A								20601-ins
001-32	Tableteadora Rotativa MANESTY DX2	Penicilinas							00132-A								
	Sistema de extracción de polvo	Penicilinas								X							
001-05	Encapsuladora MG2	Penicilinas			00105-S						00105-A						
002-11	Etiquetadora BAUSCH-STROBEL	Penicilinas			00211-S	X						00211-S	X		00211-ins		
001-16	Mezcladora en "V" 60 Kg.	Penicilinas										00116-A					
	Sistema HVAC (área Inyectables penicilínicos)	Penicilinas													X		
001-15	Blister Uhlmann UPS 1020	Penicilinas	00115-ins						00115-S								00115-S
0000M00	Compresor de aire Blister	Penicilinas						X									X
001-01	Mezclador Curvo Vertical Vitaco	Penicilinas															00101-A
002-09	Macrodeslicadora selladora FARMOMAC	Penicilinas							00209-S			00209-ins					00209-S
003-02	Microdeslicadora Polvos MACOFAR	Penicilinas							00302-S								00302-S

TOTAL DE INTERVENCIONES AL MES	13	12	14	10	13	14	10	14	12	12	12	11
--------------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

XXXX-X = NUMERO DE LA TAREA A SER EJECUTADA EN LA CORRESPONDIENTE FECHA

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: MP2 de Mantenimiento

La propuesta de la programación maestra del mantenimiento preventivo de los equipos vitales, propone maximizar el cumplimiento de las tareas de mantenimiento con la utilización de los recursos disponibles y a la vez incluye las tareas de instrumentación para los equipos que realmente necesitan mantenimiento en dicha especialidad.

5.9.1 PROGRAMA DE INSPECCION PARA LOS EQUIPOS VITALES

La programación maestra del mantenimiento preventivo propone diseñar un *programa de inspecciones*, para que los operadores titulares de los equipos vitales ayuden a complementar el mantenimiento preventivo programado. Con este programa de inspecciones se pretende prevenir y minimizar los paros no planificados por consecuencia de fallas en el proceso productivo.

La ejecución de los programas de inspección, requieren del diseño de un formulario de inspección, para cada uno de los equipos vitales, en el que consten las actividades básicas de control.

5.9.2 CRONOGRAMA DE ESTUDIO DE SISTEMA TOTAL DE LOS EQUIPOS VITALES

El diseño mejorado de la programación del mantenimiento preventivo también propone elaborar un cronograma para estudio total de los equipos vitales⁷.

Lo fundamental del estudio de sistema total en los equipos vitales de la planta ayudará a conseguir mayor especialización de los técnicos de mantenimiento como de los operadores de los equipos.

5.10 VENTAJAS DEL NUEVO SISTEMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO

Luego del estudio realizado en los equipos de la muestra, la propuesta del nuevo sistema de gestión del mantenimiento productivo, respecto del anterior sistema consideró las siguientes ventajas:

- a. Clasificar claramente los recursos físicos en: vitales, importantes y triviales, lo cual permite racionalizar los esfuerzos de la gestión de mantenimiento, basado en los niveles de mantenimiento a proporcionar en dichos recursos y tendientes a mejorar su disponibilidad que no se consigue con el actual sistema de gestión.**

⁷ Referirse al Anexo 5:

- b. Los recursos vitales de la planta tienen la ventaja de prevenir aproximadamente el 80% de los problemas que afectan a la productividad, lo que la gestión actual no consigue prevenir.**

- c. Interrelación de recursos humanos, financieros y materiales en el tiempo, lo que facilita el cumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo en las fechas previstas.**

- d. El actual sistema no fomenta la especialización del recurso humano (técnico de mantenimiento), tendiente a mejorar los resultados de la gestión y ejecución del mantenimiento de los recursos vitales e importantes, sin embargo la propuesta tiene la ventaja de buscar la especialización de los técnicos de mantenimiento y operadores, mediante la delegación de responsabilidades en la ejecución de las labores programadas de mantenimiento.**

- e. Con los índices correspondientes a la gestión de equipos y gestión de costos se tendrá la ventaja de realizar presupuestos acertados de mantenimiento basados en las condiciones reales de los equipos vitales.**

- f. Priorizar racionalmente las órdenes de trabajo a través del índice ICGM, la cual constituye una herramienta poderosa del nuevo sistema de administración de órdenes de trabajo.**

- g. Da continuidad en el cumplimiento de la propuesta para estudio de sistema total en los recursos vitales que propone el nuevo sistema.**

- h. Interrelacionar los recursos disponibles en la planta, tendiente a mejorar los subsistemas de los recursos vitales, cada vez que la programación del mantenimiento preventivo lo permita.**

- i. Fomentar la capacitación permanentemente a los operadores responsables en temas relacionados con los parámetros generales de mantenimiento.**

- j. Intervenir a tiempo para prevenir posible fallas que podían haber sido las causas de paros no programados den los recursos vitales.**

- k. Minimizar la tasa de fallas de los recursos vitales, para garantizar y maximizar su rendimiento y disponibilidad.**

- l. La gestión y ejecución del mantenimiento productivo se apoya en los criterios del mantenimiento total productivo, experimentados a nivel mundial.**

CAPITULO VI

RESULTADOS

6.1 INVENTARIO JERARQUIZADO DE MANENIMIENTO

En la tabla 4.6 (Inventario de recursos vitales de Life por código máquina) del Capítulo IV, punto 4.2.2.1 (Asignación del código máquina), se puede apreciar *111* recursos inventariados con valores de código máquina igual a *10* y *9*, a los cuales se los ha clasificado como *recursos vitales de la planta*. Sin embargo, cabe recordar que los recursos que fueron inventariados aplicando los conceptos del nuevo sistema de gestión en toda la planta, ascienden a un número de *495*.

Elaborar el inventario jerarquizado de los recursos, nos ayudó a determinar los equipos vitales en toda la empresa, de tal manera que la planificación y programación del mantenimiento resultó ser muy eficaz.

La realización del inventario jerarquizado de los recursos en toda la planta, ayudó a la clasificación y actualización estadística de los recursos vitales, importantes y triviales en cada uno de los centros productivos. La tabla 6.1 (Estadística de los recursos de Life según su jerarquía), es el resultado condensado, de la aplicación de los conceptos del inventario jerarquizado de mantenimiento.

TABLA 6.1

ESTADISTICA DE LOS RECURSOS DE LIFE SEGÚN SU JERARQUIA

Ubicación	Código máquina	Categoría	Cant. por área	Porcentaje por código máquina	Porcentaje por jerarquía
AGROVET	10	vital	5	21%	21%
	9	importante	11	46%	46%
	8	trivial	7	29%	
	7	trivial	1	4%	33%
TOTAL AGROVET			24	100%	100%
APOYO CRITICO	10	vital	16	67%	67%
	9	importante	8	33%	33%
TOTAL APOYO CRITICO			24	100%	100%
BIOLOGICO	10	vital	12	20%	20%
	9	importante	17	29%	29%
	8	trivial	14	24%	
	7	trivial	7	12%	
	6	trivial	4	7%	
	5	trivial	4	7%	
2	trivial	1	2%	51%	
TOTAL BIOLOGICO			59	100%	100%
BODEGAS	10	vital	4	10%	
	9	vital	2	5%	15%
	8	importante	12	29%	29%
	7	trivial	11	27%	
	6	trivial	8	20%	
	5	trivial	2	5%	
	3	trivial	1	2%	
1	trivial	1	2%	56%	
TOTAL BODEGAS			41	100%	100%
EMPAQUE	10	Vital	7	11%	11%
	9	Importante	6	9%	
	8	Importante	9	14%	23%
	7	Trivial	16	25%	
	6	Trivial	8	13%	
	5	Trivial	13	20%	
	4	Trivial	2	3%	
	2	Trivial	2	3%	
	1	Trivial	1	2%	66%
TOTAL EMPAQUE			64	100%	100%
GALENICOS	10	Vital	1	2%	
	9	Vital	8	13%	15%
	8	Importante	21	35%	35%
	7	Trivial	10	17%	
	6	Trivial	7	12%	
	5	Trivial	6	10%	
	4	Trivial	2	3%	
	2	Trivial	1	2%	
1	Trivial	4	7%	50%	
TOTAL GALENICOS			60	100%	100%
GENERALES	8	Trivial	5	45%	45%
7	Trivial	6	55%	55%	
TOTAL GENERALES			11	100%	100%
INYECTABLES	10	Vital	17	22%	22%
	9	Importante	7	9%	
	8	Importante	26	33%	42%
	7	Trivial	14	18%	
	6	Trivial	4	5%	
	5	Trivial	9	12%	
1	Trivial	1	1%	36%	
TOTAL INYECTABLES			78	100%	100%
PENICILINAS	10	vital	20	30%	30%
	9	importante	12	18%	
	8	importante	19	28%	46%
	7	trivial	10	15%	
	6	trivial	3	4%	
5	trivial	3	4%	24%	
TOTAL PENICILINAS			67	100%	100%
SUEROS	10	vital	19	28%	28%
	9	importante	6	9%	
	8	importante	18	27%	36%
	7	trivial	21	31%	
	6	trivial	2	3%	
5	trivial	1	1%	36%	
TOTAL SUEROS			67	100%	100%

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Centros productivos de Life

La tabla 6.2 (Resumen de la estadística de los recursos de Life según su jerarquía), es el resultado final de la jerarquización de los recursos en toda la planta, con lo que se cumplió el principio de Pareto.

TABLA 6.2
RESUMEN DE LA ESTADISTICA DE LOS RECURSOS DE LIFE
SEGÚN SU JERARQUIA

Ubicación	Código máquina	Categoría	Cantidad por área	Porcentaje por categoría (%)
agrovet	10	vital	5	
apoyo crítico	10	vital	16	
biológico	10	vital	12	
bodegas	10	vital	4	
bodegas	9	vital	2	
empaque	10	vital	7	
galénicos	10	vital	1	
galénicos	9	vital	8	
inyectables	10	vital	17	
penicilínicos	10	vital	20	
sueros	10	vital	19	
Total vitales			111	22%
agrovet	9	importante	11	
apoyo crítico	9	importante	8	
biológico	9	importante	17	
bodegas	8	importante	12	
empaque	9	importante	6	
empaque	8	importante	9	
galénicos	8	importante	21	
inyectables	9	importante	7	
inyectables	8	importante	26	
penicilínicos	9	importante	12	
penicilínicos	8	importante	19	
sueros	9	importante	6	
sueros	8	importante	18	
Total importantes			172	35%
agrovet	8	trivial	7	
agrovet	7	trivial	1	
biológico	8	trivial	14	
biológico	7	trivial	7	
biológico	6	trivial	4	
biológico	5	trivial	4	
biológico	2	trivial	1	
bodegas	7	trivial	11	
bodegas	6	trivial	8	
bodegas	5	trivial	2	
bodegas	3	trivial	1	
bodegas	1	trivial	1	
empaque	7	Trivial	16	
empaque	6	Trivial	8	
empaque	5	Trivial	13	
empaque	4	Trivial	2	
empaque	2	Trivial	2	
empaque	1	Trivial	1	
galénicos	7	Trivial	10	
galénicos	6	Trivial	7	
galénicos	5	Trivial	6	
galénicos	4	Trivial	2	
galénicos	2	Trivial	1	
galénicos	1	Trivial	4	
generales	8	Trivial	5	
generales	7	Trivial	6	
inyectables	7	Trivial	14	
inyectables	6	Trivial	4	
inyectables	5	Trivial	9	
inyectables	1	Trivial	1	
penicilínicos	7	trivial	10	
penicilínicos	6	trivial	3	
penicilínicos	5	trivial	3	
sueros	7	trivial	21	
sueros	6	trivial	2	
sueros	5	trivial	1	
Total triviales			212	43%
Total de recursos			495	100%

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Centros productivos de Life

Finalmente el resultado de la jerarquización de los recursos de Life junto con la aplicación del principio de Pareto y el código máquina se sintetiza en la tabla 6.3 (Resumen del inventario jerarquizado de los recursos de Life)

TABLA 6.3

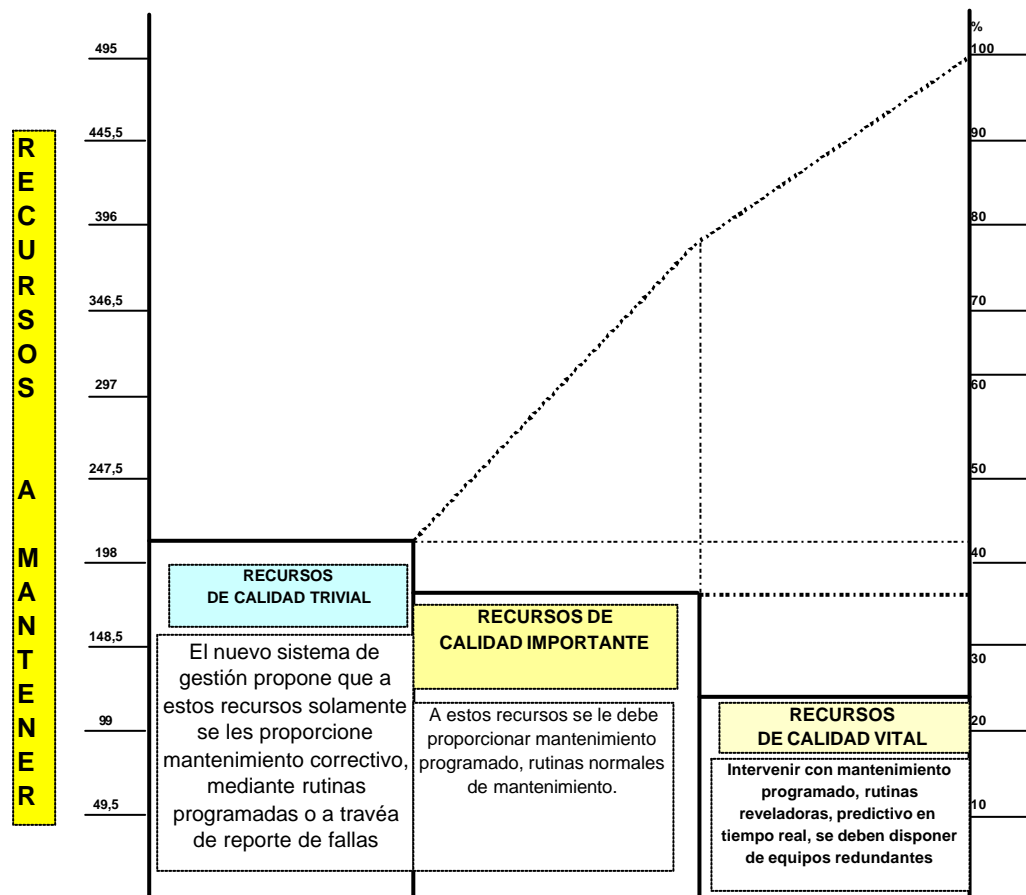
RESUMEN DEL INVENTARIO JERARQUIZADO DE LOS RECURSOS DE LIFE

Total de recursos por mantener	Código máquina	Cantidad	Porcentaje acumulado por categoría (%)
Vitales	9 y 10	111	22,42
Importantes	8 y 9	172	34,75
Triviales	1,2,3,4,5,6 y 7	212	42,83
Total general		495	100,00

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Centros Productivos de Life

GRAFICO 6.1
HISTOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LOS RECURSOS DE LIFE



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Centros productivos de Life

La tabla 6.3 ayudó a determinar en forma resumida los porcentajes de los recursos vitales, importantes y triviales en toda la planta.

Adicionalmente el gráfico 6.1 (Histograma de la distribución de los recursos de Life), nos dio una nueva idea sobre la situación de la empresa, ya que con el resultado de este análisis se tuvo una panorámica aproximada de los recursos jerarquizados en toda la planta.

6.2 INDICE ICGM

Con la aplicación del índice ICGM, se solucionaron aproximadamente el 80% de los problemas relacionados con el eficaz cumplimiento de las órdenes generadas para el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos vitales de la muestra seleccionada y demás recursos de la planta.

La aplicación del ICGM, racionalizó y controló eficazmente la gestión de varias órdenes de trabajo generadas la vez.

Con la aplicación del ICGM, todas las órdenes de trabajo fueron cumplidas, ya que el nuevo sistema de gestión, consideró prioritario la ejecución de la orden de trabajo con ICGM más alto. Igualmente con la nueva propuesta, el resto de órdenes generadas para mantenimiento de los tres equipos vitales de la muestra seleccionada, y demás recursos de la planta fueron cumplidas respetando la nueva propuesta.

La tabla 6.4 (Ordenes de trabajo jerarquizadas con el índice ICGM), hace referencia a la aplicación del ICGM, que como resultado de la nueva propuesta, se aplicaron a las órdenes de trabajo generadas desde aproximadamente el mes de abril, fecha en que se empezó la administración de las órdenes de trabajo de los tres equipos vitales de la muestra, mediante el ICGM. Adicionalmente los valores del ICGM permitieron priorizar en su debido momento, las órdenes de trabajo de los tres equipos vitales junto a otras órdenes de trabajo generadas para otros equipos de la planta. El resultado final fue la atención eficaz y oportuna del técnico de mantenimiento bajo la dirección del supervisor de mantenimiento.

TABLA 6.4

ORDENES DE TRABAJO JERARQUIZADAS CON EL INDICE ICGM

Nº de OT	DESCRIPCION	TIPO DE OT	FECHA DE REALIZACION	CODIGO MAQUINA	CODIGO TRABAJO	ICGM
TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020						
0012121	Mant. Prev. Selladora Blister UHLMANN UPS 1020	MP	20/05/2004	10	9	90
0012256	Revisión del venterol de la blister.	MC	23/06/2004	10	10	100
0012290	Revisión y arreglo de venterol.	MC	25/06/2004	10	10	100
0012291	Mant. Prev. Selladora Blister UHLMANN UPS 1020	INST	05/07/2004	10	9	90
0012404	Diagnóstico y revisión de la estación de Sellado.	MC	16/07/2004	10	10	100
SELLADORA DE FRASCOS STRUNCK						
0012152	Confección de guarda de protección.	MC	31/05/2004	10	10	100
0012153	Revisar fluido eléctrico.	MC	31/05/2004	10	10	100
0012154	Soldar piezas en inoxidable.	MC	31/05/2004	10	4	40
0012258	Revisar el sistema de alimentación de tapas.	MC	22/06/2004	10	10	100
0012386	Mant. prev. Selladora de frascos STRUNCK	MP	27/07/2004	10	9	90
0012631	Instalar aislamiento para ruido.	NU	31/08/2004	10	8	80
LLENADORA SELLADORA MACOFAR						
0011911	Instalación de presostato.	MC	12/04/2004	10	6	60
0012064	Instalar toma de aire para la macofar.	MC	08/05/2004	10	10	100
0012065	Revisión eléctrica de motor.	MC	08/05/2004	10	10	100
0012313	Revisión de micro de salida de frascos.	MC	02/07/2004	10	10	100
0012524	Mant. Prev. Llenadora-selladora MACOFAR	MP	16/08/2004	10	7	70

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

6.3 COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA

COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Cabe indicar que el inventario de los repuestos registrados en el software MP2 para mantenimiento, no se encontraba actualizado en función de su existencia física dentro de la bodega de repuestos, sin embargo, una tarea que consideró importante el nuevo sistema de gestión fue la actualización de dicho inventario en el MP2.

Se empezó actualizando las partes y repuestos de la muestra¹ de los equipos vitales, como se aprecia en la tabla 6.5 (Detalle de existencia de repuestos actualizado al 04-10-2004); adicionalmente se indica que la selladora de frascos Strunck no dispone de repuestos dentro de su nivel de existencias, por lo que no se registra ni se actualiza en el MP2.

La actualización de las partes y repuestos de la Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020 y de la Llenadora Selladora Macofar en el software MP2, ayudaron a clasificar y ordenar los repuestos en sus respectivos lugares, en función a los códigos de sus correspondientes equipos. Adicionalmente se actualizaron otros indicadores tales como: cantidad en mano y costos unitarios de los repuestos; estos valores ayudaron a obtener los costos totales del nivel de existencia de repuestos que la empresa actualmente mantiene invertido en los repuestos de los equipos.

¹ Ver capítulo III; punto 3.4 Población-muestra

TABLA 6.5

DETALLE DE EXISTENCIA DE REPUESTOS ACTUALIZADOS AL 04-10-2004

EQUIPO: TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020							
Nº de artículo de la bodega de repuestos	Descripción	Código de Cuenta	Costo unitario promedio (USD)	Localización	Cantidad en mano	Costo total promedio (USD)	
00115/2-51-01	Anillo "O" ring	P15001	2,50	B-11-3	5	12,50	
00115/2-51-02	Anillo "O" ring	P15001	2,50	B-11-3	2	5,00	
00115/2-51-03	Anillo de empaquetadura	P15001	12,10	B-11-6	1	12,10	
00115/2-51-04	Aro "O"	P15001	4,00	B-11-3	2	8,00	
00115/2-51-05	Cuchilla circular	P15001	30,00	B-11-6	1	30,00	
00115/2-51-06	Cilindro Neumático	P15001	30,00	B-11-2	3	90,00	
00115/2-51-07	Cadena de rodillos	P15001	120,35	B-11-3	1	120,35	
00115/2-51-08	Rodamiento de agujas NKS 25	P15001	12,00	B-11-3	7	84,00	
00115/2-51-09	Cadena de rodillos	P15001	95,32	B-11-2	1	95,32	
00115/2-51-10	Tubo 25 x 70	P15001	30,00	B-11-3	2	60,00	
00115/2-51-11	Correa dentada	P15001	52,50	B-11-3	1	52,50	
00115/2-51-110	Válvulas neumáticas	P15001	30,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-112	Contador neumático	P15001	157,00	B-11-6	1	157,00	
00115/2-51-113	Resorte de tensión	P15001	25,00	B-11-2	2	50,00	
00115/2-51-114	Resorte de tensión	P15001	25,00	B-11-2	2	50,00	
00115/2-51-115	Resorte tipo resistencia	P15001	35,00	B-11-2	1	35,00	
00115/2-51-117	Tarjeta electrónica	P15001	450,00	B-11-7	1	450,00	
00115/2-51-12	Slicing ring (rotor)	P15001	155,00	B-11-4	1	155,00	
00115/2-51-13	Coinete de articulación	P15001	38,00	B-11-3	1	38,00	
00115/2-51-14	Eslabon de cadena	P15001	25,00	B-11-2	1	25,00	
00115/2-51-144	Resorte de tensión	P15001	15,00	B-11-2	0	0,00	
00115/2-51-15	Eslabon de cadena (seguero)	P15001	20,00	B-11-2	1	20,00	
00115/2-51-16	Eslabon de cadena (seguero)	P15001	25,00	B-11-2	1	25,00	
00115/2-51-17	Ganón de apoyo	P15001	65,00	B-11-3	1	65,00	
00115/2-51-18	Tarjetas electrónicas módulo de entrada	P15001	380,00	B-11-7	1	380,00	
00115/2-51-200	Cadena de rodillos	P15001	25,00	B-11-2	1	25,00	
00115/2-51-201	Manivela	P15001	54,00	B-11-6	1	54,00	
00115/2-51-202	Ventilador Neumático	P15001	82,00	B-11-6	0	0,00	
00115/2-51-203	Anillo "O" + aguja	P15001	45,00	B-11-3	1	45,00	
00115/2-51-204	Seguro de cable	P15001	25,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-205	Placa con bocin interior	P15001	36,00	B-11-3	1	36,00	
00115/2-51-21	Iniciador (Sensor inductivo barrera de seguridad)	P15001	123,00	B-11-2	0	0,00	
00115/2-51-22	Iniciador (control de proximidad)	P15001	180,00	B-11-2	0	0,00	
00115/2-51-23	Iniciador (Control de proximidad)	P15001	180,00	B-11-2	0	0,00	
00115/2-51-24	Seguro de sobrecarga	P15001	35,00	B-11-3	2	70,00	
00115/2-51-25	Placa FL	P15001	145,00	B-11-3	1	145,00	
00115/2-51-26	Resorte de presión	P15001	15,00	B-11-2	1	15,00	
00115/2-51-28	Resorte de presión	P15001	55,00	B-11-2	0	0,00	
00115/2-51-29	Resorte de presión	P15001	55,00	B-11-2	3	165,00	
00115/2-51-300	Molde de chapales	P15001	55,00	B-11-4	1	55,00	
00115/2-51-302	Arandela de ajuste	P15801	3,50	B-11-4	2	7,00	
00115/2-51-303	Rodillo	P15801	54,00	B-11-4	1	54,00	
00115/2-51-33	Regulador cuadrante	P15001	150,00	B-11-6	1	150,00	
00115/2-51-333	Anillo de empaquetadura	P15001	15,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-34	Rodillo de apoyo	P15001	54,00	B-11-4	1	54,00	
00115/2-51-42	Emisor de señales	P15001	250,00	B-11-7	1	250,00	
00115/2-51-43	Elemento de contacto	P15001	10,00	B-11-7	1	10,00	
00115/2-51-44	Elemento de contacto	P15001	10,00	B-11-7	1	10,00	
00115/2-51-45	Indicador de posición	P15001	25,00	B-11-6	1	25,00	
00115/2-51-46	Interruptor llave	P15001	58,00	B-11-7	1	58,00	
00115/2-51-47	Módulo de salida	P15001	220,00	B-11-7	1	220,00	
00115/2-51-48	Lámpara de afluencia	P15001	35,00	B-11-7	4	140,00	
00115/2-51-52	Thyristor	P15001	24,00	B-11-2	1	24,00	
00115/2-51-53	Selector OX1WN	P15001	35,00	B-11-7	1	35,00	
00115/2-51-54	Selector DX5WA	P15001	35,00	B-11-7	1	35,00	
00115/2-51-55	Tecla de empuje	P15001	28,00	B-11-7	1	28,00	
00115/2-51-56	Tecla de empuje	P15001	28,00	B-11-7	1	28,00	
00115/2-51-57	Tarjeta de preselección	P15001	380,00	B-11-7	1	380,00	
00115/2-51-59	Vigilante de simetría	P15001	135,00	B-11-6	1	135,00	
00115/2-51-60	Plancha de calentamiento inferior	P15001	450,00	B-11-4	0	0,00	
00115/2-51-61	Cartucho de calefacción	P15001	45,00	B-11-2	2	90,00	
00115/2-51-62	Tarámetro de resistencia	P15001	48,00	B-11-2	1	48,00	
00115/2-51-63	Resorte de presión	P15001	25,00	B-11-2	2	50,00	
00115/2-51-64	Barra 28 x 298	P15001	40,00	B-11-4	1	40,00	
00115/2-51-65	Plancha de calentamiento superior	P15001	250,00	B-11-4	1	250,00	
00115/2-51-66	Resorte de compresión	P15001	20,00	B-11-2	6	120,00	
00115/2-51-67	Barra	P15001	30,00	B-11-3	2	60,00	
00115/2-51-68	Ventosas	P15001	15,00	B-11-3	10	150,00	
00115/2-51-69	Empaques de teflón	P15001	4,50	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-70	Acople rápido	P15001	32,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-71	Eje	P15001	15,00	B-11-2	2	30,00	
00115/2-51-73	Pasadores cónicos	P15001	4,80	B-11-3	2	9,60	
00115/2-51-75	Placa de válvula	P15001	28,00	B-11-6	1	28,00	
00115/2-51-751	Junta	P15001	15,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-76	Junta	P15001	15,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-77	Junta	P15001	15,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-78	Junta cilíndrica	P15001	18,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-79	Empaques junta cilíndrica	P15001	25,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-80	Junta	P15001	15,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-81	Junta	P15001	15,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-82	Junta	P15001	15,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-83	Aro de minato	P15001	28,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-84	Aro de minato	P15001	28,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-85	Aro de embolo de biseles simétricos	P15001	45,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-86	Aro de minato	P15001	25,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-87	Aro de minato	P15001	25,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-88	Aro de embolo de biseles	P15001	45,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-90	Membrana	P15001	35,00	B-11-3	1	35,00	
00115/2-51-92	Placa de válvula	P15001	18,00	B-11-6	1	18,00	
00115/2-51-94	Casqueta de válvula	P15001	28,00	B-11-3	0	0,00	
00115/2-51-95	Guardafueros	P15001	58,00	B-11-6	1	58,00	
00115/2-51-96	Interruptor principal	P15001	55,00	B-11-6	1	55,00	
00115/2-51-97	Motor de ventilación	P15001	185,00	B-11-2	1	185,00	
TOTAL						5.509,37	
EQUIPO: LLENADORA SELLADORA MACOFAR							
20611/1-18-12	Brazo axial	P15206	52,00	A-7-2	3	156,00	
20611/1-18-13	Rodillo sellador	P15206	30,00	A-7-5	2	60,00	
20611/1-18-14	Jeringa de acero inox.	P15206	300,00	A-7-2	1	300,00	
20611/1-18-15	Jeringa de acero inox.	P15206	300,00	A-7-2	2	600,00	
20611/1-18-19	Unión de tubo de bombas 4 x 5ml . 3 x 100ml	P15206	68,00	A-7-2	7	476,00	
20611/1-18-2	Balastro para vibrador	P15206	10,00	A-7-5	6	60,00	
20611/1-18-20	Jeringa de acero inox. con pistones	P15206	300,00	A-7-2	2	600,00	
20611/1-18-21	Bobina para vibrador	P15206	30,00	A-7-5	1	30,00	
20611/1-18-22	Empaque de teflón	P15206	10,00	A-7-5	1	10,00	
20611/1-18-23	Empaque de teflón de la Bomba	P15206	12,25	A-7-5	1	12,25	
20611/1-18-24	Empaque de teflón sanitario	P15206	12,25	A-7-5	12	147,00	
20611/1-18-25	Empaque de teflón sanitario	P15206	5,50	A-7-5	0	0,00	
20611/1-18-26	Caucho sanitario	P15206	3,00	A-7-5	29	87,00	
20611/1-18-32	Seguro para puerta de la cofia	P15206	58,00	A-7-5	1	58,00	
20611/1-18-33	Resorte	P15206	15,00	A-7-5	1	15,00	
20611/1-18-43	Resorte de acero inox. (derecho)	P15206	4,50	A-7-5	11	49,50	
20611/1-18-44	Resorte de acero inox. (izquierdo)	P15206	4,50	A-7-5	11	49,50	
20611/1-18-7	Cinta transportadora (plástica)	P15206	325,00	A-7-5	1	325,00	
TOTAL						3.035,25	

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Bodega de repuestos, MP2 de Mantenimiento

La capacitación proporcionada a los operadores de los equipos vitales de la muestra generó resultados satisfactorios de operabilidad y mantenimiento del equipo a bajo costo.

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

La optimización de la gestión de costos, básicamente se centró en la identificación de las causas vitales (Costos de paro no programado de maquinaria) a través del principio de Pareto. Consecuentemente la aplicación inmediata de medidas correctivas mediante la gestión en los equipos vitales, nos ayudó a reducir los costos elevados por paro no programado de maquinaria.

La tabla 6.6 (Análisis resumido del desperdicio de materiales, Equipo: Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020), nos detalla claramente que el desperdicio de materiales, en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del 2004, experimentó una baja notable como resultado de la aplicación del nuevo sistema de gestión del mantenimiento, llegando inclusive a disponer de un saldo positivo (217,15 dólares) al finalizar el mes de octubre, debido a que se ocupó menos material de lo que especifica el estándar para cada lote de producción.

TABLA 6.6

ANALISIS RESUMIDO DEL DESPERDICIO DE MATERIALES

EQUIPO: TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020

MATERIAL	CODIGO	MATERIAL DESPERDICiado (USD/mes)			
		Jul-04	Ago-04	Sep-04	Oct-04
LAMINA PVC 178 0.25E TRANSP	013906	-84,62	148,81	479,53	16,66
LAMINA PVC/PVDC 178M .250E	013901	41,03	-24,95	-102,66	82,89
ALUM BL.IMP MOXYLIN 1G 168MM	011877	17,73		-5,19	
ALUM BL.IMP AMPIBEX 500MG 168	011857	-187,18		-58,00	-37,27
ALUM BL.IMP CEFADIN 500MG 168	011856		-56,18		
ALUM BL.IMP AMPIBEX 1G 168	011855	10,80	-29,335		
ALUM BL.IMP AMPIBEX 250MG 168	011854			27,92	
ALUM BL.IMP CEFADIN FORTE 168M	011841		-12,98	-9,85	
		Jul-04	Ago-04	Sep-04	Oct-04
DESPERDICIO MENSUAL		-202,23	25,37	331,74	62,28
TOTAL DE MATERIAL DESPERDICiado DE JULIO A OCTUBRE DEL 2004					217,15

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Departamento de Flujo de Materiales

La tabla 6.7 (Costo de paro de maquinaria, Equipo: Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020), resume el decremento de los paros no programados de maquinaria desde el 03/07/2004 hasta el 19/11/2004, como resultado de la nueva propuesta de gestión de mantenimiento aplicado a los equipos vitales.

TABLA 6.7

COSTO POR PARO DE MAQUINARIA

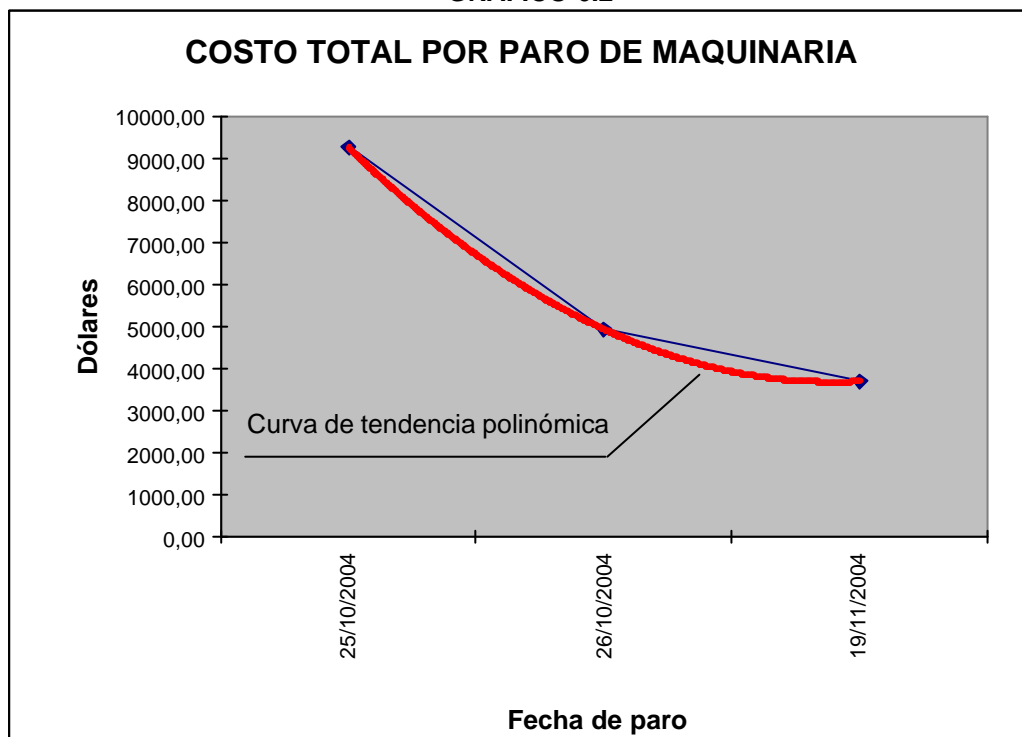
EQUIPO: TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020

FECHA DE PARO	TIEMPO DE PARO (horas)	COSTO POR PARO DE MAQUINARIA (dólares/hora)	COSTO TOTAL POR PARO DE MAQUINARIA (dólares)	OBSERVACIONES
25/10/2004	0,75	12340,22	9.255,17	Falla en subsistema agregado
26/10/2004	0,40	12340,22	4.936,09	Falla en subsistema agregado
19/11/2004	0,30	12340,22	3.702,07	Limpieza
TOTAL GENERAL			17.893,32	

Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro de máquina - Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020

GRAFICO 6.2



Elaborado por: Pablo Anaguano

Fuente: Libro de máquina – Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020

En el gráfico 6.2 se observa que la curva de tendencia polinómica, generado por las tres fechas en que se dieron los paros no programados de maquinaria y por sus correspondientes costos, mantiene una tendencia hacia la

baja. Esto nos explica en cierto modo, que se ha logrado recuperar nuevamente la confiabilidad del equipo perdida desde aproximadamente el mes de diciembre del 2003. Cabe indicar que los tiempos de paro de la tabla 6.7 fueron generados por fallas muy esporádicas y cortas en duración ocasionada en un subsistema agregado del equipo.

6.4 REPUESTOS: TERMOFORMADORA UHLMANN UPS 1020

El nuevo sistema de gestión de mantenimiento, accionó para finalmente realizar la importación desde Alemania, toda la lista de repuestos del Anexo 3.

Un previo diagnóstico de la situación actual del equipo ayudó a determinar con seguridad estos repuestos de importación que a futuro ayudarán a solventar las emergencias del mantenimiento correctivo y los cambios de repuestos planificados en el mantenimiento preventivo.

CONCLUSIONES

a. INVENTARIO DE LOS RECURSOS VITALES DE LA EMPRESA

El inventario jerarquizado registró 495 recursos en toda la planta, de los cuales 111 recursos fueron clasificados como vitales, a los que no se debe descuidar el cumplimiento del mantenimiento preventivo de acuerdo a las fechas programadas en el “MP2”.

Haciendo referencia a la tabla 6.2 (Resumen de la estadística de los recursos de Life según su jerarquía), se puede concluir que de acuerdo al principio de Pareto, el estudio reveló, que de los 495 recursos inventariados en toda la planta el 22% corresponden a los recursos vitales, a los que hizo referencia el estudio y con los que se debe continuar aplicando el nuevo sistema de gestión.

Se observa que el sistema actual de gestión de las órdenes de trabajo, prioriza su atención al mantenimiento correctivo², esto significa que en toda la planta existe una tendencia elevada a seguir ejecutando las órdenes de trabajo correctivas.

b. INDICE DE CLASIFICACION DE LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO (ICGM)

El índice ICGM, se convirtió en una herramienta muy eficaz para la gestión de las órdenes de trabajo y a su vez dependió de los valores imprescindibles que se asignaron a los códigos máquina y trabajo.

c. ANALISIS DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO: ENERO A JUNIO DEL 2004

Según la gestión del departamento de contabilidad, cuando inicialmente se realizan gastos de mantenimiento, posteriormente estos se transforman en costos de mantenimiento siempre y cuando la inversión se haya realizado en los equipos e instalaciones de la planta. Por lo tanto el gasto inicial se traslada al costo final de mantenimiento.

El gasto de mantenimiento de los edificios de administración siempre es considerado como un gasto administrativo y no como un costo final de mantenimiento.

² Para mayor información, referirse al capítulo IV, punto 4.1.2 Mantenimiento correctivo vs. Mantenimiento preventivo

En el sistema actual de la gestión de costos a cargo del departamento de mantenimiento, las facturas correspondientes a los rubros de los gastos administrativos y costos finales de mantenimiento, simplemente se los ha registrado como una suma de valores, que se han cargado de manera acumulativa a las cuentas que recibieron el servicio.

La falta de un análisis profundo de los gastos administrativos y costos de mantenimiento en el sistema actual de la gestión de costos no permite minimizar los costos totales del mantenimiento en toda la planta.

d. PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO

Se debe indicar que algunos equipos vitales que conforman el programa maestro de mantenimiento preventivo de los equipos vitales de Life, no disponen del código número de tarea, dentro del sistema “MP2” para mantenimiento, sin embargo se los ha registrado con una “X” para que en esas fechas previstas, a la vez que se cumpla con el mantenimiento preventivo programado, también se asigne el número de la tarea en el sistema MP2.

El nuevo sistema de gestión del mantenimiento consideró también programar un cronograma de estudio de sistema total de los equipos vitales³.

³ Para mayor información referirse al anexo: IV Cronogramas de ejecución – Estudio de sistema total

e. PROGRAMA DE INSPECCION DE LOS RECURSOS VITALES

El diseño de la programación maestra del mantenimiento preventivo, necesariamente se complementó con un programa de inspecciones mensuales; se comenzó la elaboración de este programa de inspecciones con la Termoformadora blister Uhlmann UPS 1020 y la Llenadora selladora Macofar.

El programa para la inspección mensual de estos equipos, fue diseñado considerando a los equipos, como sistemas modulares que ayuden a detectar y prevenir a tiempo posibles averías en los subsistemas, para ello se tomaron en cuenta el lugar, subsistema o estaciones del equipo donde se realizó la inspección, la actividad desarrollada en dicho lugar, y las respectivas anotaciones de magnitud y control que se deben realizar, desde enero hasta diciembre de cada año.

f. COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO: MUESTRA

Se debe indicar que durante el desarrollo del estudio, no se encontraron valores que representen a los costos de repuestos del mantenimiento preventivo.

Es importante tener en cuenta que el costo total que representa la mano de obra es mínimo en comparación con los costos absorbidos por paro no

programado de maquinaria a consecuencia de una avería, lo que nos indica que una falla en los equipos vitales⁴ debe ser corregida lo más pronto posible.

Se concluyó que, si cualquiera de los 3 equipos vitales (objeto del estudio) u otros equipos importantes que conforman la línea de producción, experimenta un paro no planificado por consecuencia de una falla, el resultado final fue la paralización de toda la línea de producción, y el costo de paro no programado de cualquiera de esos equipos correspondió al costo de paro no programado de toda la línea de producción donde se encuentran los 3 equipos vitales de la de la muestra seleccionada.

El análisis de los costos de paro no programado de maquinaria, consideró que los tres equipos vitales, constituyen parte de una línea de producción con otros equipos vitales e importantes que no formaron parte del estudio.

Una vez iniciado el estudio sobre los equipos vitales la muestra seleccionada; los costos de paro no programado de maquinaria, y las horas de paro presentan una tendencia hacia la baja⁵, esto fue posible a través de una planificación y ejecución oportuna de las labores de mantenimiento. Sin embargo, se debe continuar evaluando, mejorando y registrando estos costos, de

⁴ Ver capítulo II; punto 2.2.3.4.1 Niveles de mantenimiento - Recursos vitales

⁵ Observar los gráficos 4.3 (Costo total por paro de maquinaria – Equipo: Termoformadora blister UPS 1020) y 4.4 (Paros no programados por fecha – Equipo: Selladora de frascos Strunck) del Capítulo IV, punto 4.3.2.1 Costo por paro no programado de maquinaria: Equipos vitales de la muestra.

tal manera que los resultados conseguidos en el futuro nos ayude conseguir un costo mínimo de mantenimiento de todos los equipos vitales de la planta.

RECOMENDACIONES

a. GESTION DE EQUIPOS VITALES

Previo al desarrollo de los informes de gestión del mantenimiento, se deben realizar los informes de gestión de equipos vitales, considerando el acompañamiento del desempeño de cada uno y su participación en sus respectivas líneas productivas.

Para la generación de los informes de la gestión del mantenimiento, necesariamente se debe utilizar el programa “MP2” para mantenimiento, el mismo que permite particularizar dichos informes en función a la necesidad de los niveles de gestión de los usuarios.

Se debe empezar a registrar los valores de disponibilidad de los equipos vitales seleccionados en cada centro productivo, éstos posteriormente nos

ayudarán a tener un criterio más real y confiable en la realización de los análisis de baja disponibilidad.

Se recomienda que el registro de los índices relacionados con la gestión de los equipos vitales tenga una frecuencia mensual y se debe registrar en el “MP2”.

b. PROGRAMACION MAESTRA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO: EQUIPOS VITALES

El mantenimiento preventivo de los equipos vitales de Life debe fundamentarse el programa diseñado para el efecto, y en la previa consideración de todos los recursos disponibles (recursos materiales, financieros, humanos y tiempo), para alcanzar los objetivos planteados.

El eficaz cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo de los equipos vitales, necesariamente requiere de la responsabilidad del recurso humano, asignado particularmente a las labores de mantenimiento preventivo de un grupo de equipos vitales, junto a sus correspondientes fechas de inicio y terminación.

c. ESTUDIO DE SISTEMA TOTAL

El diseño mejorado de la programación del mantenimiento, puede generar otros subproyectos que ayudarían a mejorar el conocimiento

especializado de los subsistemas, entidades y atributos que conforman los recursos vitales en toda la planta.

d. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Se empezaron a registrar las características de los materiales⁶ que utiliza la Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020 hasta el 10 de noviembre del 2004, fecha en que se terminó el análisis con relación al uso de materiales, sin embargo un estudio posterior, mas profundo en este campo podría considerar a los materiales como premisa de análisis de confiabilidad, rendimiento y productividad del equipos vitales de la planta.

⁶ Para mayor información referirse al Anexo 3: Particularidades de los materiales - Equipo: Termoformadora Blister Uhlmann UPS 1020

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

1. AULESTIA H., Guía metodológica para la elaboración de un plan de tesis”, 1ra. Edición, Ecuador, 1995.
2. DATASTREAM[®], Curso “Análisis de fallas”, Quito Ecuador, 2004.
3. DOUNCE E., “La productividad en el mantenimiento industrial”, 1ra. edición, 3ra. reimpresión, Ed. Compañía editorial continental, México, 2001.
4. GALINDO D., SOSAPANTA P., Tesis de grado “ Proyecto de mejoramiento de la productividad de la línea ampibex (Planta de formulaciones penicilínicas, LIFE)”, Escuela Politécnica del Ejército S/P, Sangolquí 1994
5. HARMSSEN F., “Mantenimiento clase mundial”, Trabajo presentado en una mesa redonda de mantenimiento, XXIII Convenio de UPADI, Acapulco México 1994
6. HODSON W., “Manual del ingeniero industrial”, Tomo III, 4ta. Edición, Ed. Mc Graw-Hill, México 1996.
7. ISHIKAWA K., “Guía de control de calidad”, Ed. UNIPUB, New York, 1985
8. NAKAJIMA S., “Introducción al mantenimiento total productivo”, 3ra. edición, Ed. Tecnologías de gerencia y producción S.A., Madrid, 1998

9. LIFE, “Procedimientos operativos estándar, Estándares de seguridad”, Laboratorios Life, Quito 2004
10. RESHETOV, “Diseño de máquinas”, Ed. MIR, Moscú,1970
11. SUMANTH D., “Ingeniería y administración de la productividad”, 2da. edición, Ed. Mc Graw- Hill, México, 1998.
12. TAVARES L., “Administración moderna del mantenimiento”, Novo Polo publicaciones y asesoría Ltda., Río de Janeiro Brasil, 1999.
13. UTE, Apuntes de mantenimiento industrial, S/P, Quito, 2000
14. VALARIE A., ZEITHALM A., “Calidad total en la gestión de servicios”, 2da. edición, Ed. Díaz de Santos S.A., Madrid, 1993.
15. Pág. Web: <http://www.solomantenimiento.com/diccionario.htm>, “Glosario de mantenimiento”.
16. Pág. Web: <http://www.ing.udep.edu.pe/gpm/?pag=cnt>, “Gestión productiva del mantenimiento, Contenido del programa”.
17. Pág. Web:
<http://www.gestiopolis.com/reursos2/documentos/fulldoes/ger/trigeshtm.htm>,

“El triángulo de la gestión del mantenimiento, a través de un enfoque de sistema”.

18. Pág. Web: <http://www.monografias.com>, “Cómo aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) a industrias”.
19. Entrevistas, Ing. Ernesto Zurita, Gerente de Ingeniería y Mantenimiento, 7 años en el cargo; Ing. Germán Cadena, Coordinador de Servicios Técnicos, 2 años en el cargo; Supervisores de los centros productivos.

ANEXOS

ANEXO 1:

PROGRAMA DE INSPECCION

- **TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020**
 - **LLENADORA SELLADORA MACOFAR**

**PROGRAMA DE INSPECCION
TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020**

LUGAR DE INSPECCION	ACTIVIDAD	ANOTACIONES-MAGNITUD		MESES											
		MEDICION	CONTROL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SISTEMA DE ACCIONAMIENTO Y CODIFICADOR ANGULAR															
Cadenas de accionamiento	Controlar tensión de cadena			X			X			X				X	
SISTEMA NEUMATICO															
Unidad de mantenimiento, cañerías y acoples	Vaciar agua condensada, controlar estanqueidad			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ARMARIO ELECTRICO															
Filtro del ventilador	Limpiar				X				X					X	
PROTECCIONES															
Lado frontal, posterior, y demás estaciones de la máquina	Controlar función eléctrica e integridad					X			X				X		X
DESOBINADO DEL FOLIO DE FORMADO															
Cilindros de apriete	Controlar función mecánica, desgaste en revestimiento de goma			X			X			X				X	
Poleas de reenvío y correas dentadas	Controlar función mecánica, tensión y daños			X			X			X				X	
Péndulo	Controlar función eléctrica			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ESTACION DE FORMADO															
Herramientas de formado	Controlar abrasión y daños			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Paquete de accionamiento, cojinetes y cajas de presión	Controlar acción mecánica y desgaste				X				X					X	
Agua de refrigeración	Controlar transparencia y caudal				X				X					X	
DESOBINADO DE LA LAMINA DE CUBIERTA															
Barreara de luz y péndulo	Limpiar y controlar función eléctrica			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Poleas de reenvío	Controlar acción mecánica			X			X			X				X	
ESTACION DE SELLADO															
Herramientas de sellado	Limpiar y controlar daños			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Paquete de accionamiento, cojinetes, cajas de presión y cinta de trenado	Controlar acción mecánica y desgaste					X				X				X	
Agua de refrigeración	Controlar transparencia y caudal				X			X				X			
Cartuchos de calefacción y seguro de sobrecarga	Controlar temperatura y función eléctrica				X			X			X			X	
AVANCE															
Ruedas cónicas	Controlar abrasión, daños y juego			X				X					X		
Muelle recuperador, rodillo de leva, guías de bola y árboles de guía	Limpiar, controlar acción mecánica y desgaste					X				X				X	
ESTACION DE TROQUELADO															
Cadena de accionamiento, levas de desenso y rodillos	Controlar tensión de la cadena y acción mecánica						X					X			X
CORTADOR DE DESECHOS															
Cilindro portacuchillas y cilindros de alimentación	Controlar acción mecánica, abrasión, desgaste, daños							X						X	
Correas dentadas y poleas de reenvío	Controlar tensión, acción mecánica y daños				X				X				X	X	
Péndulo	Controlar función eléctrica				X			X				X			X
CINTA DE DESCARGA															
Cinta y rodillos	Limpiar y controlar tensión, abrasión, y estabilidad de la marcha				X			X				X			X
				X											

Frecuencia diaria, con cada cambio de producto en todo el año

**PROGRAMA DE INSPECCION
EQUIPO: LLENADORA SELLADORA MACOFAR**

LUGAR DE INSPECCION	ACTIVIDAD	ANOTACIONES-MAGNITUD	MESES												
			MEDICION	CONTROL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
ACCIONAMIENTO PRINCIPAL															
Eje principal, levas, piñones, cadenas, catalinas y rodamientos	Lubricar y controlar acción mecánica y desgaste				X							X			
Ejes de accionamiento vertical y bocines	Lubricar y controlar acción mecánica y desgaste				X							X			
Reguladores de volumen de las bombas	Chequear sincronización y ajustes							X					X		
CABEZAL SELLADOR															
Eje principal	Lubricar y controlar acción mecánica y desgaste				X							X			
Bandas y poleas	Controlar tensión y desgaste			X				X					X		
Cuchillas de sellado	Controlar acción mecánica, tensión y desgaste			X								X			
BANDA TRANSPORTADORA															
Cinta transportadora, cadenas y catalinas	Controlar tensión y desgaste					X							X		
SISTEMA DE LLENADO															
Pistón, cilindro y partes	Limpiar y controlar abrasión, desgaste y daños			X			X			X				X	
Válvula distribuidora	Controlar acción mecánica			X			X			X				X	
MOTORES Y REDUCTORES															
Motor y reductor principal	Controlar acción mecánica, ruido, vibración, controlar acción eléctrica, medir intensidad de corriente, cambiar o completar aceite en los reductores de velocidad			X								X			
Motor y reductor de la banda transportadora				X								X			
Motor del cabezal sellador				X								X			
Motor del alimentador automático de capacetes				X								X			
Motor del flujo laminar				X								X			
SISTEMA DE NITROGENO															
Detector de nitrógeno	Controlar acción eléctrica				X						X				X
Acoples y cañerías	Revisar estanqueidad				X						X				X
Filtro	Limpiar y controlar saturación				X						X				X
CABINA DE LLENADO															
Ejes de accionamiento vertical	Limpiar y lubricar				X			X				X			X
Disco de llenado y guías	Limpiar y controlar desgaste		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cabina	Limpiar interna y externamente y controlar abrasión y corrosión		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ALIMENTADOR AUTOMATICO															
Guías y potenciómetro	Limpiar y controlar acción mecánica y eléctrica			X								X			
PROTECCIONES															
Cabina de llenado, cabezal sellador, contorno inferior del equipo	Limpiar y controlar integridad		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PANEL DE CONTROL ELECTRICO															
Elementos eléctricos	Lubricar y controlar acción eléctrica											X			
Conexiones generales (en panel y equipo)	Controlar buen estado y ajustar											X			
OBSERVACION			X	Indica frecuencia diaria, durante todo el año											

ANEXO 2:

REPUESTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- **TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020**

**LISTA DE REPUESTOS APROBADOS PARA IMPORTACION
EQUIPO: TERMOFORMADORA UHLMANN UPS 1020**

ARTÍCULO No.	CANTIDA D	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL EUR
OFERTA No. 500025271 DE FECHA JUNIO 23/2004				
ESTACION DE FORMADO				
913503	4	COJINETE DE FRICCIÓN	4,58	18,32
530451	4	CASQUILLO 1.4305-15/32H9x36	103,14	412,56
913502	4	COJINETE DE FRICCIÓN 15/17x15	4,02	16,08
128969	4	TUBO PA6-22x28x15,5	7,35	29,40
901106	4	RESORTE DE COMPRESIÓN 0,4x4x24,1	0,47	1,88
900222	4	VARILLA ROSCADA M4x10-45H	0,23	0,92
507372	2	PALANCA DE SUJECIÓN 1.4305-18x71x18	80,22	160,44
903148	6	ARO O 20x5 72NBR/872	0,54	3,24
903170	2	ARO O 20,29x2,62	4,42	8,84
128071	1	BLOQUE MURLUBRIC - 20x26x34	143,25	143,25
912817	85	MUELLE BELLEVILLE 31,5x16,3x1,5	0,72	61,20
525606	4	ARANDELA 16,5x35x3	16,35	65,40
507355	1	ESPIGA 16MNCR5-19,8x34,5	69,33	69,33
525199	1	CASQUILLO GC-CUSN7ZNPB3-M8/17,8x34	87,85	87,85
900269	3	VARILLA ROSCADA M6x16-45H	0,23	0,69
900462	3	TUERCA HEXAGONAL M6	0,05	0,15
70002824	1	PLACA DE CALEFACCIÓN 136 632 CON PIEZAS NORMALIZADAS	2.427,00	2.427,00
525541	1	BLOQUE ALMGSI1-23x5x30	99,31	99,31
525344	1	PALANCA DE SUJECIÓN 1.4305-18x71x292	315,15	315,15
912817	85	MUELLE BELLEVILLE 31,5x16,3x1,5	0,72	61,20
525606	4	ARANDELA 16,5x35x3	16,35	65,40
AVANCE POR PINZAS				
912747	4	ARO O 5x1,5 72NBR/872	0,65	2,60
508152	2	PASADOR 6H6x20	22,35	44,70
508159	1	BLOQUE 47x50x82	421,50	421,50
900086	6	VARILLA ROSCADA M6x5	0,60	3,60
900575	5	ARANDELA 10,5	0,09	0,45
907283	2	PERNO DE TRINQUETE 5	30,39	60,78
908562	2	CASQUILLO DE TALADRAR A5,1x16	7,58	15,16
135972	1	ESPIGA 12H6x50	130,82	130,82
909241	10	ARO O 9x1,5 72NBR/872	0,32	3,20
912576	5	TAPÓN ROSCADO G1/8	1,10	5,50
70002840	1	LISTON 135 969 CON PIEZAS NORMALIZADAS	1.237,45	1.237,45
51984	1	CILINDRO DE MEMBRANA	385,68	385,68
70002841	2	PLACA 135 973 CON PIEZAS NORMALIZADAS	300,29	600,58
128411	2	RESORTE DE COMPRESIÓN 2,25x25,75x75x375	48,71	97,42
PIEZAS SUPLEMENTARIAS				
508162	1	BLOQUE 32,5x50x82,5	393,00	393,00
910005	2	FUSIBLE AUTOMÁTICO 2-POLOS 10A	145,53	291,06
ESTACION DE CALEFACCIÓN				
912861	1	DETECTOR DE PROXIMIDAD 200MA 6W	206,38	206,38
912776	3	REGULADOR DE BLOQUES CON VÁLVULA	349,52	1.048,56
909948	4	ENCHUFE	7,53	30,12
903509	1	ESCAPE RÁPIDO R1/4"	47,71	47,71
OFERTA No. 500025190 DEL 15 DE JUNIO/2004				
81000000	1	HERRAMIENTA DE FORMADO SUPERIOR 91/111 A1	1.590,00	1.590,00
81000000	2	LISTON DE APRIETE 91/111 A1	690	1.380,00
Valor requisición (sin gastos de embarque)				12.043,88
GASTOS DE EMBARQUE FCA				90,00

ANEXO 3:

PARTICULARIDADES DE LOS MATERIALES

- **TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020**

CARACTERISTICAS DE LAS LÁMINAS DE PVC y PVC/PVDC

PRODUCTO	CARACTERISTICAS DE LA LAMINA				PROCEDENCIA
	Tipo de lámina	Ancho de lámina (mm)	Espesor de lámina (mm)	Peso lámina (g/m ²)	
PRODUCTO COMERCIAL "LIFE"					
Ampibex caps. 500 mg x 24	PVC	177-179	0,240-0,260	345	Alemania
Ampibex caps. 250 mg x 24		177-179	0,240-0,260	345	
Ampibex comp. 1 g x 20	PVC	177-179	0,240-0,260	345	Alemania, Colombia
Cefadín caps. 500 mg x 24	PVC/PVDC	177-179	0,240-0,260	345	Alemania
Cefadín comp. 750 mg x 20		177-179	0,240-0,260	345	
Cefadín forte comp. 1g x 20	PVC/PVDC	177-179	0,240-0,260	345	Alemania
Moxylin caps. 500 mg x 24	PVC	177-179	0,240-0,260	345	Alemania
Moxylin comp. 1 g x 20		177-179	0,240-0,260	345	
Moxylin pylori comp. 1g x 14		177-179	0,240-0,260	345	
PRODUCTO COMERCIAL "GENAMERICA"					
Ampicilina caps. 500 mg x 24		177-179	0,240-0,260	345	
Ampicilina comp. 1g x 20		177-179	0,240-0,260	345	
Amoxicilina caps. 500 mg x 24		177-179	0,240-0,260	345	
Amoxicilina comp. 875 mg x 20		177-179	0,240-0,260	345	
Cefalexina caps. 500 mg x 24		177-179	0,240-0,260	345	
Cloxacen caps. 500 mg x 24		177-179	0,240-0,260	345	
MUESTRA MEDICA "LIFE"					
Ampibex caps. 500 mg x 24		177-179	0,240-0,260	345	
Ampibex caps. 250 mg x 24		177-179	0,240-0,260	345	
Ampibex comp. 1 g x 20	PVC	177-179	0,240-0,260	345	Colombia
Cefadín caps. 500 mg x 24		177-179	0,240-0,260	345	
Cefadín comp. 750 mg x 20		177-179	0,240-0,260	345	
Cefadín forte comp. 1g x 20		177-179	0,240-0,260	345	
Moxylin caps. 500 mg x 24		177-179	0,240-0,260	345	
Moxylin comp. 1 g x 20		177-179	0,240-0,260	345	
Moxylin pylori comp. 1g x 14		177-179	0,240-0,260	345	
MUESTRA MEDICA "GENAMERICA"					
Ampicilina caps. 500 mg x 2		177-179	0,240-0,260	345	
Ampicilina comp. 1g x 2		177-179	0,240-0,260	345	
Amoxicilina caps. 500 mg x 2	PVC	177-179	0,240-0,260	345	Alemania
Amoxicilina comp. 875 mg x 2		177-179	0,240-0,260	345	
Cefalexina caps. 500 mg x 2		177-179	0,240-0,260	345	
Cloxacen caps. 500 mg x 2		177-179	0,240-0,260	345	

PRECIOS REFERENCIALES DE LOS MATERIALES

Nº	MATERIAL	CODIGO	COSTO (USD/kg)
PARA PRODUCTO LIFE			
1	ALUM BL.IMP CEFADIN FORTE 168 mm	011841	12,56
2	ALUM BL.IMP AMPIBEX 250 mg 168 mm	011854	12,56
3	ALUM BL.IMP AMPIBEX 1 g 168 mm	011855	12,56
4	ALUM BL.IMP CEFADIN 500 mg 168 mm	011856	12,56
5	ALUM BL.IMP MOXYLIN 500 mg 168 mm	011853	12,56
6	ALUM BL.IMP CEFADIN 750 mg 168 mm	011842	12,56
7	ALUM BL.IMP AMPIBEX 500 mg 168 mm	011857	12,56
8	ALUM BL.IMP MOXYLIN 1 g 168 mm	011877	12,56
PARA PRODUCTO GENAMERICA			
9	ALUM BL.IMP AMPICILINA 500 mg 168 mm	011846	12,56
10	ALUM BL.IMP AMPICILINA 1 g 168 mm	011847	12,56
11	ALUM BL.IMP AMOXICILINA 500 mg 168 mm	011849	12,56
12	ALUM BL.IMP AMOXICILINA 875 mg 168 mm	011876	12,56
13	ALUM BL.IMP CEFALEXINA 500 mg 168 mm	011848	12,56
14	ALUM BL.IMP CLOXAGEN 500 mg 168 mm	011865	12,56
PARA PRODUCTO LIFE Y GENAMERICA			
15	LAMINA PVC/PVDC 178M .250E	013901	6,457
16	LAMINA PVC 178 0.25E TRANSP	013906	3,5964

ANEXO 4:

INFORME RESUMIDO DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO

PROYECTO DE REINGENIERIA Y REPARACION

- **SELLADORA DE FRASCOS STRUNCK**

PROYECTO DE REINGENIERIA
INFORME RESUMIDO DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO
EQUIPO: SELLADORA DE FRASCOS STRUNCK

SECCION: EMPAQUE (JARABES)

FECHA: Desde 10-02-2004 Hasta 12- 04- 2004

Planificación, Dirección y Ejecución: Pablo Anaguano

Colaboración: Ernesto Zurita, Cristóbal Tito

1. PROBLEMA

La selladora de frascos Strunck ha perdido completamente su disponibilidad y confiabilidad dentro de la línea de producción, a la vez que el sistema de gestión del mantenimiento, a través de sus procedimientos de gestión, ha generado soluciones correctivas espontáneas, sin llegar a corregir definitivamente las fallas crónicas en el equipo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DIAGNOSTICO

Desde hace unos 2 años atrás el equipo había desmejorando continuamente su confiabilidad, dentro de línea de producción, las causas básicas de las fallas crónicas se relacionaban con la falta de confiabilidad de los sistemas neumático y mecánico, a su vez, éstos generaban una deficiente sincronización y un desgaste muy agresivo de las piezas y partes mecánicas en todo el sistema.

2.2 SOLUCION AL PROBLEMA

Mediante el proyecto de tesis: “Diseño de un sistema de gestión del mantenimiento productivo mediante la acción de los equipos vitales de Life C.A.” se puede rediseñar, corregir y optimizar los sistemas del equipo que no prestan confiabilidad, mediante la aplicación de criterios técnicos de overhaul y reingeniería para reparación y optimización.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS A CONSEGUIRSE

- Brindar la máxima confiabilidad al equipo, para optimizar la línea de producción.
- Fomentar el desarrollo del nuevo sistema de gestión del mantenimiento, amparado en la gestión de los equipos vitales.
- Identificar las causas fundamentales que dan origen a las fallas crónicas del equipo, para corregirlas definitivamente. (Utilizar el principio de Pareto)
- Optimizar el rendimiento del equipo, capaz de responder a la mejor velocidad, de acuerdo a los requerimientos de la línea.
- Eliminar definitivamente los tiempos muertos de producción, originados por mantenimiento correctivo.
- Generar a futuro menores costos y gastos de producción y de mantenimiento.

4. TRABAJO REALIZADO – ACCIONES CORECTIVAS

Luego de haber hecho el diagnóstico, inmediatamente se prosiguió a dar solución al problema, se tomaron acciones correctivas para rediseño y optimización del equipo; a continuación se resumen las acciones correctivas realizadas en los siguientes sistemas:

4.1 SISTEMA NEUMÁTICO:

- Optimización del diseño en el sistema neumático anterior, obteniendo la mejor funcionalidad.

- Centralización de elementos neumáticos de control.
- Modificación de las características técnicas de los 2 pistones neumáticos de doble efecto a fin de aprovechar su eficaz carrera para la sincronización de la leva mecánica y el avance circular del disco transportador de frascos.
- Cambio de elementos neumáticos de control.

4.2 SISTEMA MECÁNICO:

- Overhaul completo en todo el equipo.
- Diseño y construcción de piezas y partes, para el cabezal sellador, acorde a características técnicas.
- Construcción y optimización del sistema de transmisión principal, polea conductora del motor, piñón de avance del disco de frascos.
- Diseño y construcción de un sistema de desplazamiento armónico para el cabezal sellador.
- Diseño y construcción de placas para la bancada superior, guías para el desplazamiento de los frascos y banda transportadora.
- Mejora de la seguridad y ergonomía para montaje y desmontaje de la estructura en la banda transportadora.
- Cambio total de la tortillería en todos los puntos de sujeción, utilizando pernos y tuercas de acero inoxidable AISI 304

4.3 SISTEMA ELECTRICO

- Revisión íntegra del motor eléctrico principal
- Cambio de fusibles averiados
- Revisión y limpieza del tablero eléctrico de control
- Recableado total para las señales electro neumáticas y mecánicas

4.4 ACTIVIDADES MISCELANEAS

- Limpieza y lubricación de todo el equipo
- Pintura de toda la estructura (Máquina, alimentador automático, banda transportadora y accesorios varios)

5. INFORME DE GASTOS DE REINGENIERIA Y REPARACION

INFORME CONDENSADO DE GASTOS DE REINGENIERIA Y REPARACIÓN

ITEM	DESIGNACION	CANT.	UBICACIÓN	COSTO TOTAL (USD)	Nº DE FACTURA	OBSERVACIONES
PIEZAS Y PARTES - DESCARGADAS DE LA BODEGA DE REPUESTOS						
1	Rodamiento rígido de bolas 6206 2RSR C3	2	Eje del gusanillo transportador de frascos	12		
2	Rodamiento rígido de bolas 6006 2RSR C3	4	Rodillos de la banda transportadora	24		
3	Rodamiento rígido de bolas 6204 2RSR C3	2	Brida inferior del disco de frascos	15		
4	Rodamiento rígido de bolas 626 ZZR	4	Cuchillas del cabezal sellador	15		
5	Polea de velocidad variable	1	motor eléctrico del sistema de transmisión	480		Se toma prestado de encapsuladora MG2
6	Cuchilla de roscado y anillado	4	Cabezal sellador	280		
TOTAL 1				826		

PIEZAS Y PARTES - ADQUIRIDAS A PROVEEDOR EXTERNO						
7	Perno acero RG 3/4"3mm	2	Tomilería de la estructura	2,98	15549	Proveedor Imporpernos
8	Perno acero RF 3/4"3mm	2	Tomilería de la estructura	2,98	15549	Proveedor Imporpernos
9	Tuerca RG 3/4	4	Tomilería de la estructura	1	15549	Proveedor Imporpernos
10	Tuerca RF 3/8	4	Tomilería de la estructura	1,08	15549	Proveedor Imporpernos
11	Perno M8*25 inoxidable	4	Tomilería de la estructura	3,2	15701	Proveedor Imporpernos
12	Perno cabeza avellanada M8*25 inoxidable	15	Tomilería de la estructura	12,82	15701	Proveedor Imporpernos
13	Perno y tuerca - varios	1	Tomilería de la estructura	20,72	15675	Proveedor Imporpernos
14	Perno cabeza avellanada M6*15 inoxidable	24	Bancada superior	11		Proveedor Imporpernos
15	Rodamiento AXK 5070 INA	2	Cabezal sellador	5,72	10042	Proveedor Rutitech
16	Pista de rodamiento axial de agujas	6	Cabezal sellador	2,68	10042	Proveedor Rutitech
17	Rodamiento axial de agujas	2	Cabezal sellador	20,75	10042	Proveedor Rutitech
18	Retenedor 28654 CR	2	Bancada superior	19,6		Proveedor Rutitech
19	Racor codo 1/4" - 8mm DE	11	Sistema neumático	15,4	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
20	Racor codo 1/8" - 8mm DE	3	Sistema neumático	4,2	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
21	Silenciador de bronce 1/8"	4	Sistema neumático	4,72	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
22	Silenciador de polipropileno 1/4"	2	Sistema neumático	6,5	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
23	Pasa muros 8mm DE	5	Sistema neumático	15,55	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
24	Racor recto hembra 1/4" 6mm DE	2	Sistema neumático	5,12	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
25	Racor codo 1/4" - 6mm DE	2	Sistema neumático	2,98	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
26	Válvula de corredera 3/2 - 1/4"	2	Sistema neumático	36,58	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
27	Tubo poluretano 8mm DE	20	Sistema neumático	17,2	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
28	Racor recto 1/8" - 6mm DE	3	Sistema neumático	3,12	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
29	Unión reducción recta 8 - 6 mm DE	6	Sistema neumático	10,86	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
30	Racor recto 1/8" - 8mm DE	2	Sistema neumático	2,22	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
31	Unidad de mantenimiento FRL 1/4" drenaje manual	1	Sistema neumático	103,94	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
32	Tuerca plástica serie 72	1	Sistema neumático	1,75	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
33	Racor codo 3/8" - 8mm DE	1	Sistema neumático	1,54	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
34	Bushing 1/2" - 3/8"	1	Sistema neumático	1,51	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
35	Caja de control pequeña	1	Sistema neumático	48,7	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
36	Sujeción espiral	3	Sistema neumático	5,58	1900	Proveedor Gmit CIALTDA
TOTAL 2				392		

PIEZAS Y PARTES - CONSTRUIDAS CON SERVICIO EXTERNO						
37	Construcción de resorte de tracción	2	Sistema de amortiguación	78,4		Proveedor Alfa y Omega
38	Construcción de resorte de tracción y compresión - varios	6	Cabezal sellador, Sistema de transmisión	11,2		Proveedor Alfa y Omega
39	Construcción de bocín postizo roscado	1	Cabezal sellador		1156	Proveedor Talleres Hércules
40	Construcción de eje en acero bonificado s/m	1	Cabezal sellador	218,4	1156	Proveedor Talleres Hércules
41	Construcción de chaveta, chavetado de eje piñón	1	Sistema de avance del disco de frascos			Proveedor Talleres Hércules
42	Construcción de eje guía para piñón	1	Sistema de avance del disco de frascos			Proveedor Talleres Hércules
43	Rectificado y embocinado del portagusanillo	2	Porta gusanillo	151,2		Proveedor Talleres Hércules
44	Construcción de disco en duralón para formato 120 ml	1	Sistema de avance del disco de frascos	362,88	1689	Proveedor Compañía Caral Ingeniería Mecánica
45	Construcción de disco y brida en duralón para formato 90 ml	1	Sistema de avance del disco de frascos	407		Proveedor Compañía Caral Ingeniería Mecánica
46	Construcción de disco y brida en duralón para formato 60 ml	1	Sistema de avance del disco de frascos	370		Proveedor Compañía Caral Ingeniería Mecánica
47	construcción de disco y brida en duralón para formato 30 ml	1	Sistema de avance del disco de frascos	370		Proveedor Compañía Caral Ingeniería Mecánica
TOTAL 3				1969,08		

TRABAJO, PIEZAS Y PARTES REALIZADAS EN EL TALLER MECANICO DE LIFE						
48	Rediseño y reparación del sistema total	1	Selladora de frascos Strunck			Permite detectar averías y desgastes de piezas
49	Overhaul de todo el sistema	1	Selladora de frascos Strunck			
50	Maquinado de guías de desplazamiento	4	Tubos guía del cabezal sellador	85		Aumenta eficiencia del desplazamiento vertical
51	Construcción de guías de rodadura	2	Tubos guía del cabezal sellador	110		Mejora estabilidad radial y vertical del cabezal
52	Construcción de piñón en bronce SAE 605, Z = 42	1	Sistema de avance del disco de frascos	155		Optimiza sincronización de avance del disco
53	Reubicación de puntos de anclaje	4	Estructura de la banda transportadora	75		Mejora ergonomía y seguridad del montaje
54	Mantenimiento preventivo del motor eléctrico	1	Motor eléctrico principal	25		Optimiza la confiabilidad del sistema
55	Recalcular carrera de los pistones neumáticos	2	Sistema neumático	60		Optimiza la sincronización total
56	Construcción de final de carrera mecánico	1	Eje de la polea conductora	25		Limita el desplazamiento radial y vertical
57	Diseño de aislamiento de piezas y partes	1	Piezas y partes bajo la bancada superior	45		Brida impermeabilidad en el lavado
58	Construcción de placa en acero inoxidable AISI 304	1	Bancada superior	45		Mejora Funcionalidad y BPM
59	Construcción de placa en caucho sanitario blanco	1	Bancada superior	60		Mejora Funcionalidad y BPM
60	Rediseño de polea de velocidad variable	1	Motor eléctrico principal	75		Optimiza sistema de transmisión
61	Construcción de guías en teflon	2	Bancada superior de la banda transportadora	28		Mejora deslizamiento de banda metálica
62	Construcción de guía en acero inoxidable AISI 304	4	Bancada superior	65		Mejora estabilidad de desplazamiento de frascos
TOTAL 4				853		
GRAN TOTAL				4040,08		

6. INFORME DE HORAS HOMBRE DEL ORGANO DE EJECUCION

HORAS HOMBRE DEL ORGANO DE EJECUCIÓN (LIFE)

ACTIVIDADES	FECHA		TOTAL
	DESDE	HASTA	HORAS HOMRE
Análisis y diagnóstico	10/03/2004	11/03/2004	16
Planificación de actividades	12/03/2004	13/03/2004	24
Ejecución del diseño y overhaul en el sistema	14/03/2004	30/04/2004	
Desmontaje del sistema total	14/03/2004	15/03/2004	38
Revisión de los sistemas neumático, mecánico y eléctrico	15/03/2004	17/03/2004	40
Construcción de piezas y partes del cabezal sellador	17/03/2004	31/03/2004	120
Construcción de piezas y partes de la banda transportadora	01/04/2004	08/04/2004	70
Ensamble de piezas y partes mecánicas nuevas	12/04/2004	14/04/2004	35
Revisión y optimización del sistema neumático y mecánico	15/04/2004	03/05/2004	32
Pintura del sistema	17/04/2004	21/04/2004	40
Ensamble de tablero centralizado de control neumático	19/04/2004	20/04/2004	18
Ensamble total del sistema en taller mecánico	21/04/2004	22/04/2004	30
Corrida de pruebas en el taller mecánico	23/04/2004	24/04/2004	30
Afinamiento de fallas pequeñas	23/04/2004	26/04/2004	30
Sincronización y optimización de movimientos	26/04/2004	27/04/2004	20
Prueba de corrida con todos los formatos	28/04/2004	29/04/2004	20
Evaluación final de la confiabilidad del sistema	29/04/2004	07/05/2004	40
Traslado a la línea de producción	12/05/2004	12/05/2004	8
Ensamble de partes en la línea de producción	19/05/2004	19/05/2004	16
Corrida de prueba de serie y afinamiento	19/05/2004	20/05/2004	2
Charla de Inducción a operadores	19/05/2004	19/05/2004	1,5
Evaluación final y emisión del informe del proyecto.	21-May	25/05/2004	8

GRAN TOTAL HORAS HOMBRE	638,5
--------------------------------	--------------

7. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Se realizaron todas las actividades necesarias en todos los subsistemas para eliminar las posibles causas hechas en el diagnóstico.

7.2 El desmontaje en el equipo fue total, de tal manera que se pudieron analizar cada una de las piezas y partes de todos los subsistemas. (A excepción del reductor que fue reparado recientemente a través de servicios externos).

- 7.3 El diseño anterior del sistema neumático no garantizaba una sincronización en el desplazamiento vertical del cabezal sellador y de las otras partes mecánicas, sin embargo para corregir este inconveniente se modificaron las características técnicas en varios elementos neumáticos y mecánicos, esto nos permitió conseguir un sellado estándar para todos los formatos.
- 7.4 Los cilindros neumáticos de doble efecto fueron modificados acorde a cálculos preestablecidos, sin embargo el proveedor de servicios que realizó este trabajo, indicó que los cilindros tienen aproximadamente 1 año o un poco más de tiempo de vida útil, por el deficiente diseño anterior. A pesar de esto ya se disponen de los datos técnicos de dichos repuestos para su compra local.
- 7.5 El sistema mecánico del equipo fue optimizado para incrementar la confiabilidad del sistema total.
- 7.6 Una vez definidos los parámetros de calibración y sincronización de todo el sistema, se debe observar y verificar que estos se mantengan dentro de los límites establecidos.
- 7.7 Al hacer las pruebas respectivas en el taller y con producción continua, se logró la mejor calibración y sincronización de movimientos para el sellado de frascos.

- 7.8 Observando y analizando las muestras aleatorias con un intervalo de 10 minutos durante una jornada y media se pudo concluir que la eficiencia de la máquina aumento en calidad de sellado y en cantidad de sellado por unidad de tiempo (Hasta 65 frascos por minuto, dentro de los parámetros normales de sellado).
- 7.9 El incremento de la eficiencia y confiabilidad en la máquina permitirá incrementar el estándar de producción, siempre y cuando las máquinas contiguas permitan hacerlo.
- 7.10 Previo a la entrega del equipo y en presencia de la Dra. Sonia Riera se realizó una charla de inducción básica a todos los operadores que se responsabilizarán de la operabilidad de la máquina, ellos saben que acciones tomar para prevenir fallas, y para generar una comunicación eficaz con el personal técnico de mantenimiento.
- 7.11 Se concluye el trabajo actualizando y registrando en la base de datos del MP2.

ANEXO 5:

CRONOGRAMAS DE EJECUCION

- **ESTUDIO DE SISTEMA TOTAL**
- **CAPACITACION EN MTP**

**CRONOGRAMA DE ESTUDIO DE SISTEMA TOTAL
EQUIPOS VITALES DE LIFE**

Nº DE EQUIPO	EQUIPO VITAL	ANOS: 2004-2005-2006-2007												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
AGROVET														
414-08	Compresor de aire U.S												2004	
	Bomba centrífuga ALFA-LAVAL												2004	
	Bomba trasvasadora de Pix MYERS													2004
413-12	Tanques almacenamiento Kerex 1000 lt (2)													2004
	Llenadora de pix ALFRED METZ													2004
APOYO CRITICO														
	Sistema de GLP													2004
	Sistema de agua potable													2004
	Sistema telefónico	2005												
	Ascensor N° 6 (Imprenta - Sueeros - Empaque)	2005												
	Sistema de agua desmineralizada	2005												
	Ascensor N° 7 (Bodega de elaborados - Empaque)		2005											
	Sistema de desagües		2005											
	Ascensor N° 8 (Bodega de materia prima - Galénicos - Terraza)		2005											
801-02	Sistema de detectores de incendio			2005										
	Sistema de red informática			2005										
	Sistema de aire comprimido			2005										
	Sistema de parlantes				2005									
	Sistema de energía eléctrica				2005									
	Sistema de protección a tierra				2005									
808-03	Ascensor N° 3 (Compresores - Inyectables)					2005								
	Sistema de vapor y condensado					2005								
BIOLOGICO														
	Módulo de flujo laminar de vacunas						2005							
311-76	Reactor bacterinas OLSA 500LT						2005							
311-21	Congeladora Horizontal SQ-LOW						2005							
	Módulo de flujo lujo laminar flow modu 2x4 (siembra de vacunas)							2005						
	llenadora de viales Baltimor							2005						
311-05	Liofilizadora STOKES							2005						
311-14	Autoclave H2								2005					
311-73	Autoclave H1								2005					
311-51	Cámara fría grande								2005					
311-61	Reactor PELLEGRINI								2005					
BODEGAS														
811-01	Montacarga Eléctrico INCAB N°1									2005				
812-04	Montacarga Eléctrico INCAB N°2									2005				
	Cargador de baterías										2005			
	Congelador Ecasa (Bodega de veterinarios)										2005			
	Sistema de ventilación de la cabinas de pesaje										2005			
EMPAQUE														
	Módulo de flujo laminar (Jarabes)												2005	
104-19	Reactor tanque TONAZZI												2005	
	Rotadora de ampollas LIFE												2005	
	Selladora de frascos Strunck													2005
104-20	Reactor MAMBRETTI													2005
104-02	Llenadora de frascos STRUNCK													2005
515-06	Termoformadora plaquetas FARMORES	2006												
	Impresora Ink jet linx	2006												
GALENICOS														
101-67	Bomba Peristáltica		2006											
101-05	Tableteadora de una estación STOKES		2006											
101-58	Selladora Uhlmann HSIII			2006										
101-15	Mezcladora en "V" PATTERSON			2006										
101-26	Paila para grageado MONTANARI			2006										
101-01	Tableteadora rotativa RONCHI				2006									
101-03	Tableteadora rotativa MANESTY				2006									
	Durómetro					2006								
516-03	Selladora Blister UHLMANN UPS 200					2006								
INYECTABLES														
	Sistema de oxígeno						2006							
	Sistema de nitrógeno						2006							
207-17	Reactores de 200 lt OLSA							2006						
206-07	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°1							2006						
209-01	Destilador TV-1000								2006					
208-01	Filtro ERTEL								2006					
206-10	Filtro SEITZ								2006					
208-12	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°3									2006				
206-12	Lavadora de Frascos STRUNCK									2006				
207-01	Lavadora de ampollas (compacta) STRUNCK										2006			
207-13	Llenadora selladora (compacta) STRUNCK										2006			
207-14	Túnel de esterilización(compacta)STRUNCK										2006			
208-09	Reactores de 500 lt OLSA											2006		
206-11	Llenadora-selladora MACOFAR												2006	
	Sistema HVAC													2006
207-10	Módulo de flujo laminar CLEAM ROOM N°2													2006
PENICILINAS														
001-03	Limpiadora de cápsulas MG2	2007												
	Fajadora de frascos BHEELMAN	2007												
002-11	Etiquetadora BAUSCH -STROBEL		2007											
001-04	Compactadora Regranuladora ALEXANDERWER		2007											
003-01	Estufa # 3 STRUNCK			2007										
001-12	Encapsuladora PARKE DAVIS			2007										
001-02	Seleccionadora de cápsulas SC MG2			2007										
206-01	Lavadora de Frascos NERI				2007									
001-32	Tableteadora Rotativa MANESTY DX2				2007									
	Sistema de extracción de polvo					2007								
001-05	Encapsuladora MG2					2007								
002-11	Etiquetadora BAUSCH -STROBEL						2007							
001-16	Mezcladora en "V" 60 Kg.							2007						
	Sistema HVAC (área iyectables penicilínicos)								2007					
001-15	Blister Uhlmann UPS 1020													
COCOM001	Compresor de aire Blister													
001-01	Mezclador Cónico Vertical Vrieco							2007						
002-09	Macrodosificadora selladora FARMOMAC									2007				
003-02	Microdosificadora Polvos MACOFAR										2007			

CRONOGRAMA DE CAPACITACION MTP

TEMAS	RESPONSABLE	AGOSTO						SEPTIEMBRE						OCTUBRE					
		3	6	17	20	24	27	3	7	14	17	21	24	5	8	19	22	26	29
1. EQUIPOS VITALES																			
1.1 IMPORTANCIA, GENERALIDADES	P. Anaguano	X																	
1.2 SUBSISTEMAS PRINCIPALES	P. Anaguano	X																	
1.3 PARAMETROS DE TRABJO Y CALIBRACION	P. Anaguano		X																
1.4 PARTES Y REPUESTOS GENERALES	H. Samaniego		X																
1.5 REPUESTOS DE ALTA TASA DE ROTACION	P. Anaguano-H.Samaniego			X															
1.6 STOCK DE REPUESTOS VITALES																			
2. MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO																			
2.1 IMPORTANCIA, VENTAJAS Y OBJETIVOS	Pablo Anaguano			X															
2.2 MANTENIMIENTO AUTONOMO	Pablo Anaguano				X														
2.3 APLICACIÓN EN EQUIPOS VITALES	P. Anaguano-Operadores					X													
2.4 DIVULGACION A OPERADORES RESPONSABLES	Tecnicos de mantenimiento					X	X												
3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO																			
3.1 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	P. Anaguano-G. Cadena							X											
3.2 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	P. Anaguano								X										
3.2 ASIGNACION DE RESPONSABLES	G. Cadena								X										
3.3 PROCEDIMIENTO DE EJECUCION DE MP	P. Anaguano-E. Zurita									X									
3.4 FORMULARIOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	P. Anaguano										X								
3.5 INSPECCION, LUBRICACION, AJUSTES Y CALIBRACION	Tecnicos de mantenimiento											X	X						
4. DIAGNOSTICO Y ANALISIS DE FALLAS																			
4.1 IMPORTANCIA DEL DIAGNOSTICO Y ANALISIS DE FALLAS	P. Anaguano													X					
4.2 CLASES DE FALLAS	P. Anaguano													X					
4.3 TECNICAS DE DETECCION DE FALLAS	P. Anaguano-G. Cadena														X				
4.4 INTRODUCCION A LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS VITALES	P. Anaguano															X			
4.5 CAUSAS DE LAS FALLAS	G. Cadena																X		

ANEXO 6:

FORMATOS PARA ANALISIS DE DATOS

TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020

- **CALIBRACION DE PARAMETROS DE TRABAJO**
 - **GUIA PARA USO DE FORMATOS**

**EQUIPO: TERMOFORMADORA UHLMANN UPS 1020
 GUIA PARA CALIBRACION DE PARAMETROS DE TRABAJO - PRODUCTOS COMERCIALES**

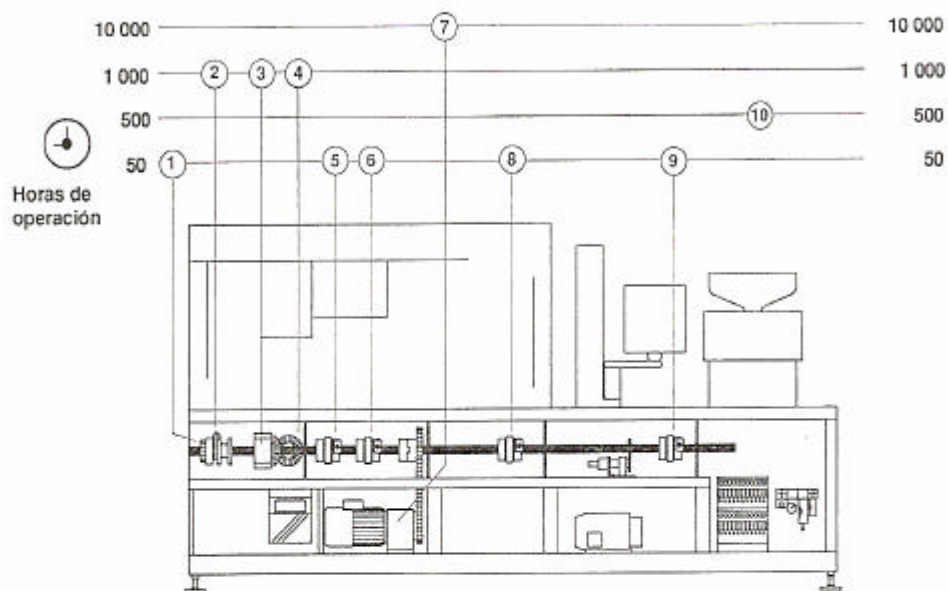
PRODUCTO A EMPACAR	ALIMENTACION		PRESION (PSIG)			TEMPERATURA (°C)				PARAMETROS DE TRABAJO								VELOCIDAD DE AVANCE	
			ESTACION			ESTACION				ESTACION									
	AUTOMATICO	MANUAL	ENLADADADA	FORMADO	OTRAS ESTACIONES	PLACA SUPERIOR	PLACA INFERIOR	HOLGURA DE PLACAS	SELLADO SUPERIOR	HERRAMIENTA DE	DESBOBINADO	CALEFACCION	FORMADO	INVERSOR DE GIRO	COMPENSADOR	SELLADO	AVANCE		TROQUELADO
																		Ciclos Min	
LIFE																			
Ampibex caps. 500 mg x 24	X		110-115	110-115	VA	118	118	2,0	170	1900	645	73	1321	25	30	984,5	99930	30-31	
Ampibex caps. 250 mg x 24		X	110-115	110-115	VA	115	115	2,0	170	1837	645	73	1321	25	30	986	99946	23-24	
Ampibex comp. 1 g x 20		X	110-115	110-115	VA	113-114	113-114	2,0	170	1880	630	73	1285	20	28	975	99958	23	
Cefadín caps. 500 mg x 24		X	110-115	110-115	VA	114-115	114-115	2,0	170	1816	642	73	1321	25	29	986,5	99935	22	
Cefadín comp. 750 mg x 20			110-115	110-115	VA	114	114	2,0	170	1800	643	73	1321	20	28	984	99955	21	
Cefadín forte comp. 1g x 20		X	110-115	110-115	VA	114	114	2,0	170	1800	643	73	1285	23	28	984	99936	21-22	
Moxylin caps. 500 mg x 24	X	X	110-115	110-115	VA	115	115	2,0	170	1820	645	73	1321	25	29	985,5	99920	21-22	
Moxylin comp. 1 g x 20		X	110-115	110-115	VA	113-114	113-114	2,0	170	1800	630	73	1285	20	28	980	99948	21	
Moxylin pylori comp. 1g x 14		X	110-115	110-115	VA	113-114	113-114	2,0	170	1810	630	73	1285	20	28	980	99948	21	
GENAMERICA																			
VA = "Valor de ajuste" (documentado en la etiqueta de la guarda posterior)																			
Ampicilina caps. 500 mg x 24	X				VA				170										
Ampicilina comp. 1g x 20		X			VA				170										
Amoxicilina caps. 500 mg x 20	X				VA				170										
Amoxicilina comp. 875 mg x 20		X			VA				170										
Cefalexina caps. 500 mg x 24	X		110	110	VA	116	116	2,0	170	1820	645	73	1321	25	29	988,5	99930	22	
Cloxacen caps. 500 mg x 24	X		110	110	VA	116	116	2,0	170	1820	645	73	1321	25	29	988,5	99935	23	

ANEXO 7:

MANTENIMIENTO PREVENTIVO











TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020

- **PLANO DE LUBRICACION Y ENGRASE**



Antes de empezar con la lubricación hay que limpiar todos los puntos de intervención!

Después de haber terminado los trabajos de lubricación hay que quitar todos los viejos restos de engrase sobrantes!

Piezas de la máquina		Estación de troquelado		Avance		Estación de estampado engrase central	Estación de perforación engrase central	Accionamiento principal engranaje
		leva/rodillo	boquilla roscada	leva/cónica	engrase central			
No. del lugar de intervención		1	2	3	4	5	6	7
Modo de intervención								
Lubrificante según	ISO 3498-1979 DIN 8659 T2	K 2 K X M 2	K 2 K X M 2	K 2 K X M 2	K 2 K X M 2	K 2 K X M 2	K 2 K X M 2	ver manual de instrucciones
Piezas de la máquina		Estación de sellado engrase central	Estación de formado engrase central	* Leva/rodillo	Transmisiones por cadena			
No. del lugar de intervención		8	9	9*	todas			
Modo de intervención					roceo para cadenas			
Lubrificante según	ISO 3498-1979 DIN 8659 T2	K 2 K X M 2	K 2 K X M 2	K 2 K X M 2	roceo para cadenas			

ANEXO 8:

DOCUMENTACION INTERNA

TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020

- **PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDAR**

REEMPLAZA A : PP/POE-035		DEL : 99-07-20
ACTUALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Rubén Jiménez (Operador de la Sección); Pablo Anaguano (Coordinador de mantenimiento)	M. Eugenia Barrera Supervisor de la Sección	Ruth Zaldumbide Gerente de Producción
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LAS SIGUIENTES FUNCIONES Y DEPARTAMENTOS DEBEN SER INFORMADOS DE ESTE PROCEDIMIENTO OPERATIVO :
<ul style="list-style-type: none"> → Supervisor de la Sección → Personal del Área

1. OBJETIVO

Contar con un procedimiento que permita operar la termoformadora Uhlmann UPS 1020 de una forma segura y eficiente.

2. ALCANCE

Este procedimiento debe ser aplicado por parte de los operadores que están entrenados en el uso del equipo para operaciones de emblistado.

3. RESPONSABILIDADES

- 3.1. Supervisor del área:** Divulgar y mantener actualizado este procedimiento operativo estándar.
- 3.2. Operador de la sección de penicilinas:** Cumplir los lineamientos establecidos en este procedimiento operativo estándar.

4. DEFINICIONES

No aplica.

5. DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO

5.1. DESCRIPCION DEL EQUIPO

5.1.1. DATOS GENERALES

Tipo de máquina	: Termoformadora UPS 1020/111
Fabricante	: UHLMANN PAC - SYSTEM GmBh & Co. Uhlmann Strasse 14 - 18 Postfach 380 D - 7958 Laupheim República Federal de Alemania
Año de Fabricación	: 1992
Pedido LIFE	: 1811 - I / 91

5.1.2. DATOS TECNICOS

Peso	:	3.000 kg aprox.
Conexión eléctrica	:	220V/60Hz, 3 fases
Aire comprimido	:	Presión : 6 - 8 pares (85 - 115 psi) Consumo : 20 m3/h
Agua de Refrigeración	:	Temperatura : 10 - 20°C Consumo : 0.42 m3/h (recirculación)
Velocidad	:	15 - 60 ciclos / min

5.1.3. APLICACIÓN DEL EQUIPO

La Termoformadora Uhlmann UPS 1020/111 ha sido diseñada para el empaque de cápsulas y comprimidos en plaquetas blister obtenidas a partir de láminas de PVC o PVDC y de aluminio pre-impreso.

Esta máquina está localizada en una cabina independiente en la Planta de Formulaciones Penicilínicas.

La termoformadora dispone de 3 formatos de guías, moldes de Formado y Sellado y herramientas de Troquelado, que se encuentran almacenados en el anaquel localizado junto a la máquina.

Estos formatos corresponden a las cápsulas OE, O, 1 y comprimidos ovalados, Además se dispone de moldes de formado, sellado y herramientas de troquelado para muestras médicas, como indican la tablas 5.1 (Descripción de formatos para productos comerciales) y 5.2 (Descripción de formatos para muestras médicas).

DESCRIPCION DE FORMATOS PARA PRODUCTOS COMERCIALES

Formato	Forma Farmacéutica	Dimensiones de cápsulas y comprimido	Blister
Nº 1	Cápsula OE	Diám. ext. cabeza = 7,66 Long. Total = 24,2	2 x 24 u.
	Cápsula O	Diám. ext. cabeza = 7,64 Long. Total = 21,7	2 x 24 u.
Nº 2	Cápsula 1	Diám. ext. cabeza = 6,91 Long. Total = 19,4	2 x 24 u.
Nº 3	Comprimidos ovalados	9,3 x 6,65 x 19,3	2 x 20 u.

TABLA 5.1

DESCRIPCION DE PRODUCTOS PARA MUESTRAS MÉDICAS

Formato	Forma	Dimensiones de cápsulas y comprimido	Blister
Nº 1	Cápsula OE	Diám. ext. cabeza = 7,66 Long. Total = 24,2	6 x 2 u.
	Cápsula O	Diám. ext. cabeza = 7,64 Long. Total = 21,7	6 x 2 u.

Nº 2	Cápsula 1	Diám. ext. cabeza = 6,91 Long. Total = 19,4	6 x 2 u.
Nº 3	Comprimidos ovalados	9,3 x 6,65 x 19,3	6 x 2 u.

TABLA 5.2

5.1.4. GRUPOS CONSTRUCTIVOS

5.1.4.1. Soporte de la bobina de formado con mesa de corte y empalme

- El soporte de bobina sirve para recibir bobinas de lámina de PVC o PVC + PVDC termoformable de un diámetro máximo de 600 mm y de ancho de 90 a 200 mm, de un peso aproximado de 60 kg.
- Sobre este soporte se encuentra la mesa de corte y empalme, como indica la fotografía 5.1 (Soporte de la bobina de formado), la que permite cortar y pegar la lámina cuando se realiza un cambio de bobina, de manera que permite mantener una perfecta alineación.

5.1.4.2. Desbobinado del folio de formado

A través de poleas de reenvío, un péndulo de control, una polea de presión y un cilindro desbobinador accionado por un motor eléctrico, como indica la fotografía 5.2 (Sistema de desbobinado del folio de formado), el folio es halado desenrollando la bobina al rotar sobre su soporte. El sistema de avance se encarga de continuar el transporte del folio a través de la máquina.

5.1.4.3. Estación de calefacción

Esta estación contiene 2 placas calefactores de superficies teflonadas, como indica la fotografía 5.3 (Estación de calefacción), en la superficie posterior de la placa se encuentran vulcanizadas las resistencias eléctricas de calefacción, la lámina termoformable es calentada a la temperatura de formado al pasar entre estas placas. Esta temperatura es controlada por reguladores montados en el pupitre de mando. La temperatura de calefacción oscila entre 115°C y 125°C siempre y cuando exista una holgura de 2 mm entre las 2 placas calefactores, sin embargo estos parámetros de trabajo dependen del tipo de folio a utilizar (PVC ó PVC + PVDC).

5.1.4.4. Estación de formado

En esta estación, como indica la fotografía 5.4 (Estación de formado), la lámina previamente calentada recibe el soplado de aire comprimido, la forma del alvéolo termoformado donde ingresará el producto (cápsula ó comprimido), depende de la forma del nido del molde de formado inferior. Para evitar el sobrecalentamiento de los moldes de formado, las placas receptoras inferior y superior son refrigeradas por agua.

Para los formatos 1 y 2, se utiliza una base refrigerada para el molde superior de formado.

Para el formato 3, se dispone de una herramienta de formado superior, la cual acciona mecánicamente por medio de botadores que permiten el formado de los alvéolos sobre el folio precalentado.

5.1.4.5. Guías, inversor y compensador

La máquina dispone de 5 guías por formato para conducir el folio con los alvéolos previamente formados de las diferentes estaciones de trabajo evitando su descentrado. El inversor permite modificar el desplazamiento del folio, mientras que el compensador regula la dilatación que sufre el material al ser formado. Ambos mecanismos están compuestos por 3 segmentos circulares, simétricamente dispuestos para re-orientar la lámina, esto se puede observar en la fotografía 5.5 (Inversor y compensador).

5.1.4.6. Alimentadores

→ Alimentador manual

La alimentación de producto se realiza manualmente en la zona delimitada por la bandeja rectangular de posición regulable. Allí se coloca el producto y mediante un movimiento continuo de las manos éste se ubica en los alvéolos de la lámina.

→ Alimentador vibratorio

Ver anexo 2

5.1.4.7. Control de llenado mecánico

Luego de la alimentación manual o automática, la máquina dispone de un sistema que permite detectar los alvéolos vacíos, éste sistema se acciona mediante un palpador mecánico, como indica la fotografía 5.6 (Palpador mecánico), de tal manera que se puede determinar con absoluta fiabilidad si los alvéolos termoformados en el folio están vacíos, sin producto.

Existen 2 palpadores: del formato A, para detectar alvéolos vacíos con cápsulas, y del formato B, para comprimidos.

Una chapaleta de seguridad se encuentra luego del palpador mecánico, la misma que impide el paso de producto fuera de los alvéolos o de cualquier otro elemento extraño, a fin de proteger la estación de sellado

5.1.4.8. Desbobinado de la lámina de cubierta

El soporte de bobina de lámina de cubierta aloja la bobina de aluminio pre-impreso con recubrimiento de barniz termosellable; mediante poleas de reenvío, ver fotografía 5.7 (Sistema de desbobinado de la lámina de cubierta), la lámina de aluminio es desbobinada por el sistema de avance según el consumo. Las bobinas pueden tener un diámetro máximo de 350 mm, con un ancho de lámina de 168 mm.

5.1.4.9. Estación de sellado

En esta estación, como se observa en la fotografía 5.8 (Estación de sellado) la lámina de cubierta es sellada a una temperatura determinada sobre el folio termoformado y lleno de producto. Para esto, se aplica una presión entre los moldes de sellado moleteados que contienen los portatipos para indicar el lote de producción, año y mes de fabricación del producto, año y mes de vencimiento del producto.

La temperatura de calefacción está controlada por un regulador montado en el pupitre de mando, (ver fotografía 5.20). Esta temperatura es de 170°C, regulable en función de las características del material.

5.1.4.10. Estación de refrigeración

Luego de que el folio termoformado, lleno de producto y sellado con la lámina blister impresa de aluminio, es transportado a la estación de refrigeración, como se aprecia en la fotografía 5.9 (Estación de refrigeración) donde las plaquetas blister son enfriadas entre la placa de refrigeración y la guía de formato.

5.1.4.11. Avance

El sistema de avance que se observa en la fotografía 5.10 (Sistema de avance) tira la cinta de lámina a través de la máquina de manera intermitente mediante una pinza estacionaria y una pinza móvil de acción neumática recíproca.

5.1.4.12. Estación de troquelado

En esta estación, ver fotografía 5.11 (Estación de troquelado) las plaquetas blister son troqueladas de las láminas ya selladas y colocadas sobre la cinta de descarga mediante la unidad de descenso. Esta operación se realiza mediante punzones cortadores de la herramienta de troquelado superior que son empujados a través de la placa de corte preciso de la herramienta de troquelado inferior.

5.1.4.13. Cortador de desperdicios

Una vez que las plaquetas blister han sido troqueladas, el exceso de folio es guiado y transportado hacia las poleas de reenvío y péndulo de control, que indica la fotografía 5.12 (Cortador de desperdicios), de ésta manera el exceso de folio es guiado al cortador de desperdicios donde un cilindro portacuchillas mediante un movimiento rotativo despedaza el residuo del folio troquelado.

5.1.4.14. Cinta de descarga

Una vez que las plaquetas blister han sido troqueladas, son transportadas hacia una cinta de descarga, donde el producto es recogido manualmente y depositado en la banda transportadora como se observa en la fotografía 5.17 (Banda transportadora), que conduce las plaquetas blister troqueladas hacia afuera.

5.1.5. EQUIPOS AUXILIARES

Adicionalmente la eficaz operación de la termoformadora UPS 1020/111 requiere de los siguientes equipos auxiliares:

- Alimentador vibratorio, (Ver fotografía 5.13 del anexo N° 1).
- Unidad de refrigeración Auto Therm, (Ver fotografía 5.14 del anexo N° 1).
- Compresor de aire Mahle, (Ver fotografía 5.15 del anexo N° 1).
- Banda transportadora, (Ver fotografía 5.16 del anexo N° 1).
- Venterol con filtro, (Ver fotografía 5.17 del anexo N° 1).
- Bomba de vacío para control de hermeticidad, (Ver fotografía 5.18 del anexo N° 1)

5.2. INSTRUMENTOS DE CONTROL

5.2.1. REGULADOR DE TEMPERATURA

El pupitre de mando principal, indicado en la fotografía 5.19 permite controlar las principales funciones de la máquina, para lo cual está equipado con:

- Un regulador de temperatura

- 4 filas de botones, interruptores e indicadores, operación y señalización en el panel de servicio.
- Una unidad indicadora de diagnóstico

El regulador de temperatura puede controlar y monitorear hasta ocho zonas de calefacción, como indican las tablas 5.3 y 5.4 a través de un microprocesador.

Adicionalmente la termoformadora UPS 1020/111, dispone de cinco zonas regulables:

zona 01:	placa de calefacción superior, circuito 1
zona 02:	placa de calefacción inferior, circuito 1
zona 03:	placa de calefacción superior, circuito 2 + 3
zona 04:	placa de calefacción inferior, circuito 2 + 3
zona 07:	estación de sellado

TABLA 5.3

El resto de botones permiten setear los valores de cada una de estas zonas:

Botón 'Zone':	Se selecciona la zona de control
Botón 'p':	Se selecciona el parámetro a setear en cada zona
Botón 'y':	Se disminuye o aumenta el valor del parámetro
Botón 'S&B':	Almacena en memoria el valor seteado del parámetro.

TABLA 5.4

5.2.2. PANEL DE SERVICIO

En el panel de servicio del pupitre de mando, (Ver fotografía 5.19 del anexo N° 1) existen 4 filas de pulsadores, interruptores e indicadores que describimos a continuación en la tabla 5.5 de derecha a izquierda y de abajo hacia arriba

FILA 1:		
Posición	1.1	Pulsador de Arranque (verde)
	1.2	Pulsador de Parada (rojo)
	1.3	Pulsador de Puesta a cero (azul)
	1.4	Pulsador de Desbloqueo Parada de Emergencia (amarillo)
	1.5	Libre
	1.6	Interruptor - Selector de modo de operación: 1: Ajuste = accionamiento mediante pulsador 2: Prueba = operación con funciones de control punteadas 3: Producción
	1.7	Interruptor - llave de bloqueo de protección es: 0: ajuste por pulsador 1: producción

	1.8	Pulsador de Reajuste de Estadística (azul)
	1.9	Pulsador de Análisis de Estadística (azul)
	1.10	Interruptor - llave para autorización de entrada
	1.11	Potenciómetro de vibrador - grado 2 (En servicio, para alimentación automática)
	1.12	Potenciómetro de vibrador - grado 1 (En servicio, para alimentación automática)
	1.13	Potenciómetro para regular vibrador redondo.
	1.14	Tecla Parada de Emergencia. (rojo)
FILA 2:		
Posición	2.1	Indicador de Interruptor Principal
	2.2	Libre
	2.3	Pulsador Cortador de Desechos (Amarillo)
	2.4	Calefacción 0: continua 1: por contacto
	2.5	Premoldeo
	2.6	Lámina de cubierta (activa la calefacción estación de sellado)
	2.7	Lámina de formado (activa la calefacción estación de formado) 0: Apagado (para A1) 1: Avance por pinzas (para PVC, PVDC) 2: Avance por pinzas y corredera (para PP, fuera de servicio)
	2.8	Pulsador de control de tensión (amarillo)
	2.9	Interruptor - selector causas de parada 3 y 4 3: Cambio de Formato 4: Recuperación de Producto
	2.10	Interruptor - Selector causas de parada 1 y 2
	2.11	Potenciómetro de velocidad de producción (en ciclos/min)
FILA 3:		
Posición	3.1	Libre
	3.2	Interruptor - selector de Avance: 0: Apagado 1: Avance sin mando de impreso 2: Avance con mando de impreso (fuera de servicio)
	3.3	libres (4 posiciones)
	3.4	Alimentación Automática (En servicio): 0: Apagado 1: Operación constante

		2: Operación regulada
FILA 4:		
Posición	4.1	libres (6 posiciones)
	4.2	Liberación de producto en alimentación automática.

TABLA 5.5

5.2.3. UNIDAD INDICADORA DE DIAGNOSTICO

La unidad indicadora de diagnóstico es la unidad de salida del Mando electrónico del equipo. Está constituida por una pantalla de 2 líneas y de 8 teclas de manejo. Mediante esta unidad se puede indicar cualquier texto, avisar incidentes ocurridos y dar instrucciones para eliminar el defecto. Al ser conectada una impresora, se puede imprimir el protocolo (lista de los últimos 40 avisos, con fecha y hora de aparición, en orden LIFO) y la estadística (resumen de avisos parecidos ser de tres tipos: avisos de estado, avisos de falla y avisos de remedio). Adicionalmente en el panel de servicio encontramos las siguientes teclas de funciones.

- 2 interruptores para 4 causas de parada usuales, que son almacenadas en el protocolo y la estadística.
- 1 interruptor (posiciones 2,9 y 2,10 del panel de servicio) - llave para autorización de entrada (posición 1,10) de 4 niveles como se observa en la tabla 5.6

0:	producción
1:	establecer e imprimir estadística
2:	almacenar y resetear estadística
3:	libre

TABLA 5.6

- 1 pulsador para establecer e imprimir la estadística (posición 1,8) (Reajuste de Estadística)
- 1 pulsador para almacenar y resetear la estadística (posición 1,9) (Análisis de Estadística).

5.3. PROTECCION PERSONAL

La máquina termoformadora UPS 1020/111 se encuentra ubicada en una cabina de la sección de Orales Penicilínicos. Al tratarse esta área de una zona de contaminación controlada por la presencia de diferentes moléculas de antibióticos, el personal que alimenta producto y opere en la línea de empaque en blister deberá cumplir con todas las normas establecidas para garantizar la óptima calidad del producto. El ingreso al área se realizará tan como lo establece el PP/POE/001, utilizando el siguiente equipo de trabajo:

- Zapatos de seguridad
- Uniforme completo de área estéril: overol, capucha y cubre zapatos.
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla
- Lentes de Seguridad

El personal encargado de confeccionar las cajas y bultos de producto terminado en blister trabajará en la zona de bodegas, por lo que no requerirá de vestimenta particular.

5.4. CHEQUEO PREVIO

Antes de encender la termoformadora, es necesario realizar un chequeo previo de sus componentes, para evitar una mala operación del equipo y pérdidas de tiempo posteriores:

- Verificar que el compresor de aire ubicado en el piso mecánico esté prendido. Purgar el agua acumulada antes de iniciar la operación de la máquina. La presión a la salida del compresor debe encontrarse entre 100 y 140 psi.
- Verificar que el área asignada a la unidad de refrigeración se encuentre bien despejada, libre de obstáculos, de manera que se disponga del aire de enfriamiento necesario para su buen funcionamiento.
- Verificar la presión de ingreso del aire comprimido al equipo, observando el indicador de presión de la unidad de mantenimiento (mínimo 80-90 PSIG), además se puede verificar la presión del aire que ingresa al equipo abriendo las válvulas que purgan el condensado en la unidad de mantenimiento.
- Verificar que el folio (PVC ó PVC + PVDC) y el papel aluminio se encuentren correctamente desenrollados y guiados a través de todas las estaciones de la máquina.
- Verificar que las 5 guías, las herramientas de formado y sellado, tanto superior como inferior, así como los seteos de los 8 indicadores de posición correspondan al formato y tipo de lámina especificados en la hoja de ajuste del producto a confeccionar. Verificar igualmente que todos los seguros de guías y moldes se encuentren completamente cerrados.
- Verificar que el palpador este debidamente conectado, y su funcionamiento.
- Verificar que exista la tarjeta de equipo limpio colocada en la zona de alimentación, que haya el material suficiente para el empaque del producto (láminas de PVC/PVDC y aluminio, cajas de producto, cajas de bulto, cinta adhesiva, tarjetas de identificación, carpeta de producto y documentación completa) y cerciorarse que éste concuerde con las especificaciones del Registro de Confección.
- Recibir el producto por parte del personal de Penicilinas y verificar los pesos de los tachos correspondientes al lote o letra a empacarse.

5.5. PUESTA EN MARCHA

El arranque de la máquina se realiza de forma secuencial siguiendo los siguientes pasos:

- Abrir la válvula de aire comprimido que ingresa a la máquina.
- Poner el interruptor principal en la posición 1. Se encienden el Indicador de Interruptor Principal y el Pulsador de Control de Tensión (2,8) el cual debe ser accionado.
- Aparece luego en el display el mensaje “Parada de Emergencia Accionada”. Hay que proceder a desactivar el circuito de parada de emergencia pulsando el botón “Desbloquear Parada de Emergencia” (1,4) y borrar el aviso de falla presionando el botón “Puesta a Cero” (1,3).

- La máquina entra en su “Fase de Calentamiento”, lo cual se indica en el display. Esta etapa dura alrededor de 10 minutos, tiempo que necesitan los elementos de calefacción de las estaciones de formado y sellado para alcanzar su temperatura de operación, tal como lo indica el regulador de temperatura.
- El display señala entonces “Máquina Lista para Arrancar”. Poner la máquina en marcha pulsando el botón “ARRANQUE” (1,1). En el display aparece el aviso “Fase de Arranque”, tras lo cual la máquina arrancará automáticamente. En el display aparece el mensaje “Máquina en Función”, así como la velocidad de operación en ciclos/min.

5.6. OPERACIÓN NORMAL

- Una vez que la máquina ha sido puesta en marcha, es necesario esperar algunos ciclos antes que las plaquetas blister se formen adecuadamente. De ser necesario realizar ajustes en las estaciones, se debe detener el equipo con el pulsador “parada” (1.2). En ningún caso se debe proceder a ajustar la máquina si ésta se encuentra funcionando; de igual manera está completamente prohibido el violar los micro-interruptores de seguridad ubicados en las guardas del equipo.
- Cuando las plaquetas blister sean confeccionadas adecuadamente, **verificar que el lote, año y mes de fabricación y vencimiento estampados sobre ellas sean correctos**. Detener el equipo, proceder a ubicar el producto en la zona de alimentación y reiniciar su operación.
- Bajar la tapa del palpador, para que este comience a funcionar, las primeras plaquetas deben ser cuidadosamente revisadas, para evitar que plaquetas con alvéolos vacíos.
- Las plaquetas obtenidas ya con productos en su interior son enviadas a través de una banda transportadora a la zona de confección donde se las guardará en su estuche correspondiente, éstas luego se colocan en cajas corrugadas que se sellarán e inmediatamente se colocarán en su pallet adecuadamente identificado.
- Una vez concluido el empaque del producto se debe detener el equipo pulsando el botón “Parada” (1.2) y desenergizarlo poniendo el interruptor principal en la posición “0”. Se procederá luego a limpiar la zona de alimentación con alcohol y (si el siguiente producto programado tienen por principio activo otra molécula penicilínica, se deberá pasar también la solución decontaminante para evitar una posible contaminación cruzada entre medicamentos). Recoger las plaquetas de prueba, el desperdicio generado por la máquina y todo material de desecho, pesar y colocar en el sitio destinado a estos, para su disposición final. Colocar finalmente la tarjeta de equipo limpio en la zona de alimentación.
- Tras haber terminado la confección de un lote o letra, se deberá completar la Hoja de Control de Empaque, anotando el número de cajas de producto obtenidas y su equivalente en cápsulas o comprimidos. Finalmente, es necesario apagar el compresor ubicado en el piso mecánico para evitar que se acumule humedad en los ductos neumáticos, lo que podría dañar componentes del equipo.

5.7. PARADA DE RUTINA

Durante la operación del equipo, se pueden realizar paradas de rutina por diferentes motivos:

- Por falta de lámina de PVC ó lámina de PVC + PVDC ó aluminio blister impreso
- Por alguna anomalía detectada en las estaciones o sistemas de la máquina.
- Por existencia de un objeto extraño sobre la lámina antes de la estación de sellado.
- Por falta de producto para alimentar.
- Por alvéolo vacío
- Por parada a la hora del almuerzo, cambio de formato, recuperación de producto o fin de letra o lote.

En los 3 primeros casos, la máquina se detiene automáticamente: el operador debe entonces identificar la anomalía, para lo cual puede consultar los avisos de la unidad indicadora de diagnóstico. Tras haber resuelto la causa de la parada, debe resetear el equipo pulsando el botón “Puesta a Cero” (1.3) y reiniciar el trabajo con el botón “Arranque” (1.1).

La termoformadora posee un mecanismo de control de llenado de las plaquetas, en ese instante la máquina emite una señal sonora, que solo para cuando el alvéolo ha sido llenado, este Palpador debe ser utilizado siempre para evitar un llenado de plaquetas defectuoso. Se debe detener el equipo pulsando el botón “Parada” (1.2) y proceder a arreglar la anomalía.

Cuando se detenga el equipo para tomar el refrigerio, recuperar producto, cambiar de formato o terminar el lote o letra, se deberá pulsar el botón “Parada” (1.2) y seleccionar la Causa de Parada correspondiente en el interruptor - selector, de manera que este tiempo no sea almacenado como tiempo de anomalía o falla de operación dentro de las estadísticas de la máquina. Para reiniciar el trabajo, colocar este interruptor en 0, resetear el equipo con el pulsador “puesta a Cero” y arrancar el equipo con el pulsador “Arranque”.

5.8. SITUACIONES DE FUNCIONAMIENTO ANORMAL

Cuando durante la operación del equipo surgen situaciones que constituyen un peligro para el personal operador o la máquina, ésta puede detenerse instantáneamente pulsando los botones de emergencia, una ubicada sobre la mesa de corte y empalme, cerca a la zona de alimentación, y otra en la parte inferior izquierda del pupitre de mando (1.14).

Para arrancar la máquina después de haber activado la Parada de Emergencia, se debe:

- Desbloquear el botón de Parada de Emergencia girándola en la sentido de la flecha.
- Desactivar el circuito de Parada de Emergencia pulsando el botón “Desbloqueo Parada de Emergencia” (1.4).
- Resetear el equipo y eliminar el aviso de falla en el display pulsando el botón “Puesta a Cero”.
- Poner nuevamente la máquina en marcha pulsando el botón “Arranque” (1.1)

5.9. SITUACIONES DE EMERGENCIA

En caso de suscitarse una emergencia en la Planta, el operador del equipo debe realizar las siguientes operaciones:

- Detener el equipo mediante el pulsador de “Parada”;
- Desenergizar el equipo colocando el Interruptor Principal en la posición “0”;
- Seguir las instrucciones del Jefe de Evacuación del área.

5.10. RESTABLECIMIENTO DE LA MARCHA

Para establecer la marcha del equipo, el operador debe seguir los siguientes pasos:

- Eliminar la causa que produjo la parada; de ser necesario colocar el interruptor - selector respectivo en la posición “0”
- Eliminar el mensaje de error pulsando el botón de “Puesta a Cero”;
- Reiniciar la marcha pulsando el botón “Arranque”.

5.11. CAMBIO DE FORMATO

Se siguen los siguientes pasos:

- Desconectar el interruptor principal.
- Esperar hasta que se enfríen completamente todas las herramientas calientes (utilizar guantes de protección).
- Cambiar las herramientas de las diferentes estaciones.

6. MANTENIMIENTO

Básicamente el mantenimiento se refiere a las labores de inspección, lubricación y reparación.

- 6.1.** Para las actividades de inspección y lubricación, referirse al Anexo N° 3 (Programa anual de inspección), y al anexo N° 4 (Plano de lubricación).

7. PUESTA EN MARCHA DESPUES DEL MANTENIMIENTO

Se deben seguir los siguientes pasos:

- Calibrar las diferentes estaciones del equipo, de acuerdo a los parámetros de trabajo.
- Proseguir como indica el punto (5.5 Puesta en marcha) del presente POE.
- En caso de existir algún problema, proseguir como indica el punto (5.10 Restablecimiento de la marcha) del presente POE.

8. LIMPIEZA

- 8.1** Si va ha seguir con el mismo producto, la limpieza debe realizarse de la siguiente manera:

- 8.1.1** Sopletear la máquina íntegramente y luego pasar agua con sablón al peso, para que no quede restos del producto anterior.

- 8.2 Cuando se ha terminado un producto y se va a comenzar otro con diferente, la limpieza debe realizarse de la siguiente manera:
- 8.2.1 Sopletear la máquina íntegramente, para que no quede restos del producto anterior.
 - 8.2.2 Recoger todo el desperdicio que haya caído al piso.
 - 8.2.3 Desinfectar la máquina íntegramente con alcohol yodado al 1%.
 - 8.2.4 Limpiar internamente paredes, ventanas y piso con agua y sablón.
- 8.3 Cuando se va a cambiar de formato, se debe guardar los formatos anteriores, desinfectándolos previamente con alcohol yodado al 1%, los nuevos formatos que van a utilizarse también deben ser desinfectados con alcohol yodado al 1%.

9. DOCUMENTOS ASOCIADOS

No aplica

10. ANEXOS

ANEXO Nº 1

FOTOGRAFIAS DE LOS GRUPOS CONSTRUCTIVOS

SOPORTE DE LA BOBINA DE FORMADO



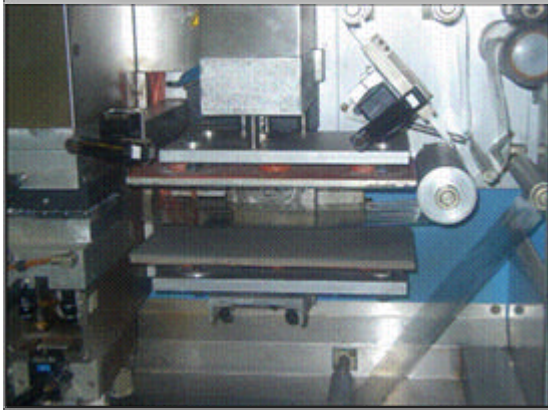
FOTOGRAFIA 5.1

DESBOBINADO DEL FOLIO DE FORMADO



FOTOGRAFIA 5.2

ESTACION DE CALEFACCION



FOTOGRAFIA 5.3

ESTACION DE FORMADO



FOTOGRAFIA 5.4

INVERSOR Y COMPENSADOR



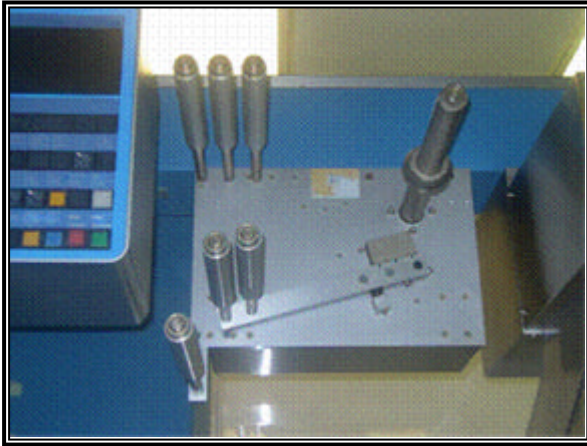
FOTOGRAFIA 5.5

PALPADOR MECANICO



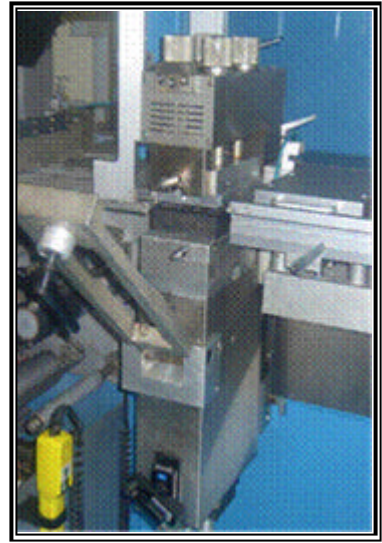
FOTOGRAFIA 5.6

DESBOBINADO DE LA LÁMINA DE CUBIERTA



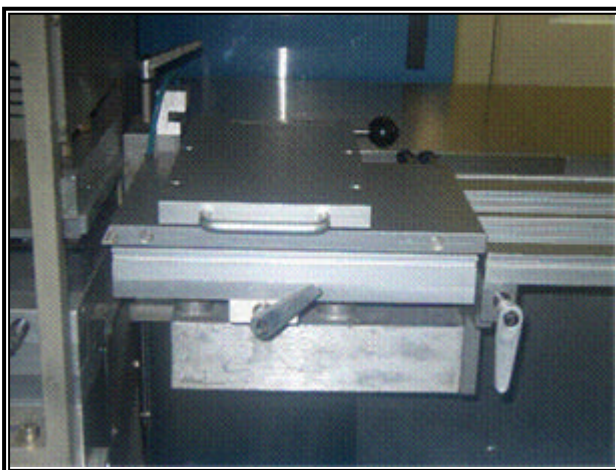
FOTOGRAFIA 5.7

ESTACION DE SELLADO



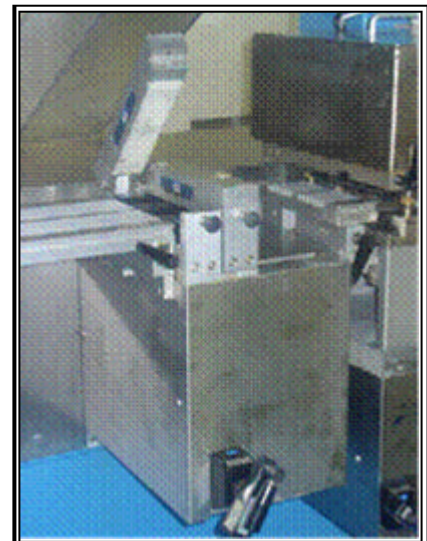
FOTOGRAFIA 5.8

ESTACION DE REFRIGERACION



FOTOGRAFIA 5.9

SISTEMA DE AVANCE



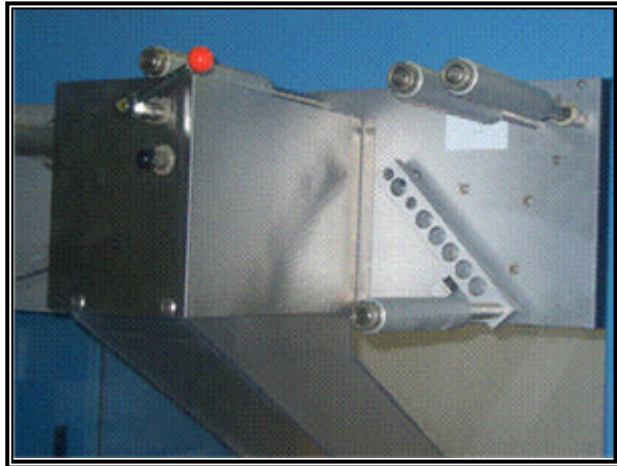
FOTOGRAFIA 5.10

ESTACION DE TROQUELADO



FOTOGRAFIA 5.11

CORTADOR DE DESPERDICIOS



FOTOGRAFIA 5.12

ALIMENTADOR VIBRATORIO



FOTOGRAFIA 5.13

UNIDAD DE REFRIGERACION AUTO THERM



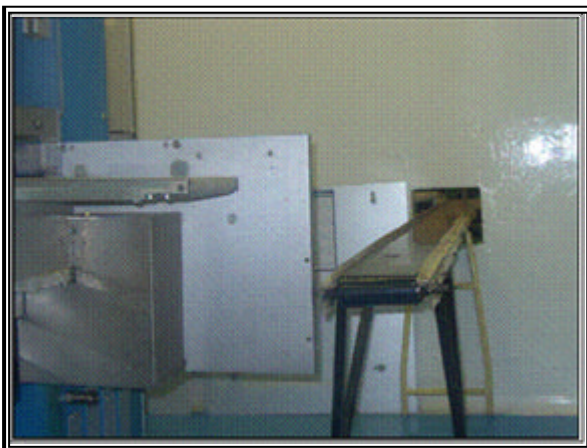
FOTOGRAFIA 5.14

COMPRESOR DE AIRE MAHL



FOTOGRAFIA 5.15

BANDA TRANSPORTADORA



FOTOGRAFIA 5.16

VENTEROL CON FILTRO



FOTOGRAFIA 5.17

BOMBA DE VACIO PARA CONTROL DE HERMETICIDAD



FOTOGRAFIA 5.18

PUPITRE DE MANDO



FOTOGRAFIA 5.19

ANEXO Nº 2

ALIMENTADOR VIBRATORIO PARA TERMOFORMADORA UHLMANN UPS 1020

1. DESCRIPCION DEL EQUIPO

A más de la alimentación manual, es posible realizar la alimentación automática del producto utilizando el alimentador vibratorio, (ver fotografía 5.13 del anexo Nº 1), el cual permite la alimentación positiva desde la tolva de llenado hasta los alvéolos termoformados.

El alimentador vibratorio de acuerdo a su función se resume en los siguientes componentes:

- Tolva
- Vibrador horizontal
- Vibrador redondo con canaleta de clasificación
- 12 tubos de resorte
- Zapata de llenado
- Soporte del alimentador automático
- Pieza de entrada ó Magazine
- Armario eléctrico
- Iniciador o sensor
- Perillas de control (inicio y parada)

2. APLICACIÓN DEL EQUIPO

Este equipo ha sido diseñado para llenar cápsulas y comprimidos en los alvéolos termoformados de forma automática.

3. DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES MECANICOS

- **Tolva.-** Recipiente de acero inoxidable, para acumulación temporal en el llenado del producto.

- **Vibrador Horizontal.-** Permite el deslizamiento del producto de la tolva hacia el vibrador redondo
- **Vibrador Redondo con canaleta de clasificación.-** Permite el avance del producto por medio de la canaleta, hacia los tubos de resorte.
- **Tubos de resorte.-** Ubican el producto en la zapata de llenado.
- **Zapata de Llenado.-** Esta pieza recibe el producto que pasa por los tubos de resorte, y lo ubican en los alvéolos del material termoformado según el producto que se confeccione.

Accionamiento de la zapata de llenado.- Se acciona mediante un sistema electro neumático, ejerciendo movimientos sincronizados en sentido del desplazamiento del folio y hacia atrás, estos movimientos se calibran utilizando la manivela numerada en la base de la zapata de llenado.

- **Soporte Principal.-** Es una estructura metálica móvil, que a través del movimiento de transportación de atrás hacia adelante y viceversa, mantiene el ajuste en la escala de la máquina, por medio de 2 palancas de sujeción.
- **Pieza de entrada o magazine.-** se ubica por debajo del vibrador redondo que sujeta los resortes de deslizamiento.
- **Iniciador o sensor.-** Activa o inactiva la alimentación del producto mediante un sensor ubicado en la parte del vibrador redondo.
- **Perillas de inicio y parada.-** Abre y cierra la señal eléctrica para el encendido y apagado de de la alimentación del producto, se encuentra ubicado en el pupitre de mando (ver fotografía 5.19).
- **Armario eléctrico.-** Contiene los elementos de control eléctrico del alimentador automático, y se ubica en la parte posterior del soporte principal.

4. FUNCION

La alimentación vibratoria, permite la alimentación positiva de los productos en los alvéolos formados.

Desde la tolva de acumulación temporal, el producto es conducido sobre la canaleta vibratoria, que lleva el producto al vibrador redondo, en donde por vibración avanza a la canaleta de clasificación.

El iniciador realiza la función de suspender y activar el movimiento vibratorio del vibrador horizontal, según el ajuste de la altura, mediante un sensor. A la salida de las canaletas de clasificación el producto cae en la pieza de entrada, se conduce por los tobos de resorte para ser guiados a la zapata de llenado, en la misma el producto se acumula en las diferentes filas de guía, el mismo que tiene un sistema de cierre incorporado para evitar la caída directa del producto hacia el material termoformado. Este sistema de cierre suelta el producto al accionar el interruptor de liberación de producto. Mediante el movimiento de alimentación de la zapata de llenado, el producto cae en los alvéolos del material formado (movimientos de avance y retroceso).

Para controlar la intensidad de vibración de los diferentes vibradores, en función de la velocidad del sistema de alimentación automática se dispone de potenciómetros controlados mediante las perillas ubicadas en el pupitre de mando (Ver fotografía 5.15)

5. INSTALACIONES DE LOS SISTEMAS ELECTRONICO Y NEUMATICO

Estás se realizan conectando los enchufes marcados con letras y números iguales, en las tomas ubicadas en la parte lateral inferior de la máquina y también en las tomas ubicadas en la parte posterior inferior del armario eléctrico para la alimentación vibratorio.

6. MANEJO

Se lo realiza por medio de dos interruptores y un potenciómetro ubicados en el pupitre de mando de la máquina.

6.1. Interruptor con posiciones: 1-0-2 (Selector Alimentación)

6.1.1. Operación permanente = 1

6.1.2. Posición de producción = 2

6.1.3. Alimentación desconectada = 0

6.2. Interruptor de liberación del producto

Este permite realizar dos posiciones diferentes:

6.2.1. Zapata de llenado cerrado (no hay producto en el folio termoformado) = 0

6.2.2. Zapata de llenado abierto (el producto resbala hacia los alvéolos del material termoformado durante la operación de la máquina = 1

6.3. Potenciómetro

Ayuda al ajuste de la intensidad de la vibración del vibrador redondo.

7. AJUSTE

Es posible realizar los siguientes ajustes:

- Posición en la máquina
- Salida de la tolva
- Posición del iniciador
- Posicionar el accionamiento
- Ajuste de la carrera de la zapata de llenado
- Posición zapata de llenado

NOTA: Para realizar estos ajustes ver los catálogos en: AJUSTES - MÁQUINA
--

8. CAMBIO DE FORMATO

Para un cambio de formato hay que tomar las medidas siguientes:

- Cambiar la canaleta de clasificación

- Cambiar la pieza de entrada con los tubos de resorte
- Cambiar la zapata de llenado

NOTA: Para realizar los cambios de formato, guiarse por el catálogo: CAMBIO DE FORMATO.

9. LIMPIEZA

Una vez terminado la confección y/o llenado del producto, se procederá a limpiar el sistema completo de alimentación vibratorio automático. Desmontando las siguientes partes:

- Canaleta vibratoria
- Vibrador Horizontal
- Pieza de Entrada
- Zapata de Llenado

NOTA: Para realizar la limpieza de cada uno de estos puntos, revisar en el catálogo: LIMPIEZA DE EQUIPO.

Para realizar la limpieza de todas las estaciones del alimentador automático, se utilizará aspiradoras, brocha, gasa, sablón y alcohol yodado al 0,05 %.

ANEXO Nº 3

PROGRAMA ANUAL DE INSPECCION EQUIPO: TERMOFORMADORA BLISTER UHLMANN UPS 1020

LUGAR DE INSPECCION	ACTIVIDAD	ANOTACIONES-MAGNITUD		MESES											
		MEDICION	CONTROL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SISTEMA DE ACCIONAMIENTO Y CODIFICADOR ANGULAR															
Cadenas de accionamiento	Controlar tensión de cadena			X			X			X				X	
SISTEMA NEUMATICO															
Unidad de mantenimiento, cañerías y acoples	Vaciar agua condensada, controlar estanqueidad			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ARMARIO ELECTRICO															
Filtro del ventilador	Limpiar				X				X					X	
PROTECCIONES															
Lado frontal, posterior, y demás estaciones de la máquina	Controlar función eléctrica e integridad					X			X				X		X
DESBOBINADO DEL FOLIO DE FORMADO															
Cilindros de apriete	Controlar función mecánica, desgaste en revestimiento de goma			X			X				X			X	
Poleas de reenvío y correas dentadas	Controlar función mecánica, tensión y daños			X			X			X				X	
Péndulo	Controlar función eléctrica			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ESTACION DE FORMADO															
Herramientas de formado	Controlar abrasión y daños			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Paquete de accionamiento, cojinetes y cajas de presión	Controlar acción mecánica y desgaste				X				X					X	
Agua de refrigeración	Controlar transparencia y caudal				X				X					X	
DESBOBINADO DE LA LAMINA DE CUBIERTA															
Barreara de luz y péndulo	Limpiar y controlar función eléctrica			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Poleas de reenvío	Controlar acción mecánica			X			X			X				X	
ESTACION DE SELLADO															
Herramientas de sellado	Limpiar y controlar daños			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Paquete de accionamiento, cojinetes, cajas de presión y cinta de frenado	Controlar acción mecánica y desgaste					X				X				X	
Agua de refrigeración	Controlar transparencia y caudal				X			X					X		
Cartuchos de calefacción y seguro de sobrecarga	Controlar temperatura y función eléctrica				X			X			X			X	
AVANCE															
Ruedas cónicas	Controlar abrasión, daños y juego			X				X					X		
Muelle recuperador, rodillo de leva, guías de bola y árboles de guía	Limpiar, controlar acción mecánica y desgaste					X				X				X	
ESTACION DE TROQUELADO															
Cadena de accionamiento, levas de desenso y rodillos	Controlar tensión de la cadena y acción mecánica						X				X				X
CORTADOR DE DESECHOS															
Cilindro portacuchillas y cilindros de alimentación	Controlar acción mecánica, abrasión, desgaste, daños							X							X
Correas dentadas y poleas de reenvío	Controlar tensión, acción mecánica y daños				X				X				X	X	
Péndulo	Controlar función eléctrica				X			X			X				X
CINTA DE DESCARGA															
Cinta y rodillos	Limpiar y controlar tensión, abrasión, y estabilidad de la marcha				X			X			X				X
				X											

Frecuencia diaria, con cada cambio de producto en todo el año

11. BIBLIOGRAFIA

- Manual de operación de la Termoformadora Blister UPS 1020
- Manual de planos estallados de la termoformadora UPS 1020
- Manual de operación del compresor de aire Mahle

12. HISTORICO DE REVISIONES

FECHA	NOMBRE	FIRMA
99-07-20	Miguel Silva	
00-06-06	Miguel Silva	
04-09-17	Pablo Anaguano – Rubén Jiménez	

EMISION	FECHA	DESCRIPCION
PP/POE/O35-00	1999-07-20	Creación
PP/POE/035-01	2000-06-06	Actualización
PP/POE/035-02	2004-10-12	Actualización y cambio de formato

ANEXO 9:

COSTOS DE MANTENIMIENTO

- **PORCENTAJES DE DISTRIBUCION DE LOS GASTOS
APLICADO A LOS CENTROS DE SERVICIOS**

GLOSARIO

GLOSARIO

TERMINO	DEFINICION
Ambiente integral	conjunto de entidades que pueden influenciar un sistema o unidad productiva.
Análisis de fallas	Es una función que permite prevenir futuras ocurrencias de fallas, mejorar el desempeño de los recursos y retroalimentar el sistema de planificación y programación del mantenimiento.
Atributos	Son las propiedades que pertenecen a una entidad.
Calidad de Servicio	Es la resultante total de las características del servicio de mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento, mediante las cuales el servicio satisfará las esperanzas del cliente.
Ciclo de vida	Plazo de tiempo durante el cual un recurso físico conserva su capacidad de utilización. El período va desde su compra hasta que es sustituido o es objeto de restauración.
Código Máquina	Valor numérico que identifica y evalúa los recursos físicos por atender.
Código Trabajo	Valor numérico que identifica a cada tipo de trabajo por realizar en los recursos físicos.
Confiabilidad	Es la probabilidad de que un equipo no falle mientras proporciona un servicio de calidad dentro de los parámetros preestablecidos y durante un determinado tiempo.
Conservación	Toda acción humana a través de la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos para el eficaz aprovechamiento de los recursos existentes.
Costo total de una Parada de Equipo.	Es la suma entre el costo de mantenimiento y el costo de tiempo de paro, que incluyen los valores ocasionados por dichos costos.
Costos de Mantenimiento	Costo total de mantenimiento correctivo y preventivo de los recursos físicos de una planta, incluyendo los gastos de mejora y reforma.
Disponibilidad	Es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.
Efectividad del Sistema	Es la probabilidad de que un determinado sistema opere en toda su capacidad durante un período calendario dado.
Entidades	Conjunto de objetos, sujetos y elementos descritos por una serie de parámetros denominados atributos.
Estrategia de Mantenimiento	Forma de enfrentar las tareas de mantenimiento, y a su vez definen los elementos de gastos.
Falla	Es la cese de la capacidad de una entidad para continuar con su función específica designada.
Gestión	Conjunto de acciones que existen para dirigir actividades coordinadas y controlar una organización.
Gestión de Mantenimiento	Conjunto de acciones para dirigir y controlar actividades coordinadas dentro de la función de mantenimiento.
Indice de Clasificación de los Gastos de Mantenimiento (ICGM)	Herramienta que ayuda a clasificar los gastos de mantenimiento, interrelacionando los equipos, instalaciones y construcciones sujetos a mantenimiento, con la clase o tipo de trabajo a realizar en ellos. ICGM = Código Máquina x Código Trabajo.
Informes de Gestión de Mantenimiento	Son resultados concisos y específicos de la función de mantenimiento, formados tablas de índices, acompañados de gráficos proyectados, de acuerdo a cada nivel de gestión.
Inspección	Labores de mantenimiento preventivo, caracterizados por la alta frecuencia y corta duración, normalmente efectuada utilizando los sentidos humanos y ciertos instrumentos de medición, sin provocar indisponibilidad del equipo.
Inventario Jerarquizado de Mantenimiento	Listado de los recursos por atender, sean éstos equipos, instalaciones o construcciones, junto al establecimiento del índice ICGM.

Mantenibilidad	Es la probabilidad de que un equipo pueda ser reparado dentro de un período de tiempo dado, considerando que deben mantenerse las condiciones de trabajo.
Mantenimiento	Trabajos que son necesarios realizar en los recursos físicos de una empresa, con el objeto que éstos proporcionen un servicio de calidad estipulada.
Mantenimiento Correctivo	Labores de reparación de los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla ha dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada.
Mantenimiento Predictivo	Procedimiento de diagnóstico permanente, que permite detectar con anticipación la posible pérdida de la calidad de servicio proporcionada por un equipo.
Mantenimiento Preventivo	Labores de inspección, control y conservación de los recursos físicos de una empresa que garantizan que la calidad de servicio de éstos recursos continúe dentro de los límites establecidos.
Mantenimiento Total Productivo (MTP)	Sistema de mantenimiento industrial desarrollado en el Japón, partiendo del concepto del mantenimiento preventivo, creado en las industrias de los Estados Unidos.
Nivel de Mantenimiento	Calidad y cantidad de mantenimiento programado que se debe proporcionar a los recursos físicos de una empresa industrial
Orden de Trabajo	Es la fuente de las actividades realizadas por el personal de ejecución de las labores de mantenimiento.
Parámetros de Mantenimiento	Son variables susceptibles a cambios que generalmente se utilizan para indicar cada uno de los elementos relacionados con la efectividad del sistema.
Recursos Físicos	Son los equipos, instalaciones y construcciones que intervienen en los procesos productivos de una planta industrial.
Recursos Importantes	Equipos, instalaciones y construcciones, cuyo paro o demérito en su calidad de servicio origina molestias de importancia como costos de consideración para la empresa.
Recursos Vitales	Recursos físicos indispensables para la buena marcha de la empresa proporcionan un servicio vital, cuyo paro o demérito en su calidad de funcionamiento, dificulta el desarrollo de la empresa o pone en peligro la vida de las personas.
Repuestos Instalados	Son las máquinas o equipos instalados en la línea como recursos alternos para ser utilizados cuando el equipo primario no se encuentre disponible.
Sistema	Conjunto de elementos que interactúan y se relacionan para alcanzar objetivos definidos
Sistema Total	Es un conjunto de entidades relacionadas entre sí por vínculos o atributos.
Software de Mantenimiento	Sistema informatizado adecuado para auxiliar la gestión y ejecución del mantenimiento.
Tasa de Fallas	Es la probabilidad de falla casi inmediata de un equipo de edad (t)
Tiempo de paro no programado	Tiempo improductivo de la maquinaria a causa de una falla
Tiempo medio Entre Fallas (TMEF)	Intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de una falla. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente equipo.
Tiempo Promedio para Reparar	Efectividad para restituir el equipo a condiciones óptimas de operación una vez que se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.