



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE UN CONTROL A LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA
BÁSICA, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL
DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS BÁSICAS, EN UNA FABRICA DE PILAS
SECAS**

Alexis Rubén Chacón Santos
Asesorado por el Ing. Heber Mazariegos Santos

Guatemala, enero de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROPUESTA DE UN CONTROL A LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA
BÁSICA, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL
DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS BÁSICAS, EN UNA FABRICA DE PILAS
SECAS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ALEXIS RUBÉN CHACÓN SANTOS

ASESORADO POR EL ING. HEBER ISAÍ MAZARIEGOS SANTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

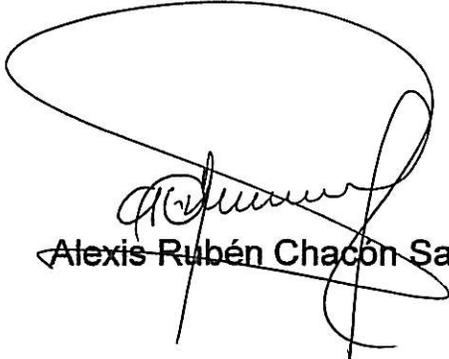
DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Marco Vinicio Monzón
EXAMINADORA	Inga. Guisela Gaitán
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE UN CONTROL A LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA BÁSICA, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS BÁSICAS, EN UNA FÁBRICA DE PILAS SECAS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería mecánica industrial, el 30 de Octubre de 2008.



Alexis Rubén Chacón Santos

Guatemala 4 de Noviembre de 2008

Ingeniero:
José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala

Estimado Coordinador:

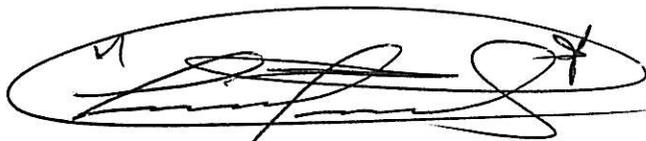
Por este medio me dirijo a usted para presentarle el trabajo de graduación titulado **"Propuesta de un control a la eficiencia de una máquina básica para el mejoramiento de la productividad en el departamento de máquinas básicas en una fábrica de pilas secas."**, desarrollado por el estudiante universitario Alexis Rubén Chacón Santos.

A mi juicio el trabajo cumple con los objetivos planeados, con un contenido interesante, útil y actualizado, por lo tanto, el autor de este trabajo y, yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Me es grato informarle que el presente trabajo de graduación me es completamente satisfactorio, por lo que me permito someterlo a su consideración y aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Heber Isai Mazariegos Santos
Colegiado No. 7,574
Asesor

Heber Isai Mazariegos Santos
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 7,574

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE UN CONTROL A LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA BÁSICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS BÁSICAS EN UNA FÁBRICA DE PILAS SECAS**, presentado por el estudiante universitario **Alexis Rubén Chacón Santos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Karla Lizbeth Martínez Margas de Castañón
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

INGA. KARLA MARTÍNEZ
Colegiada 5,706

Guatemala octubre de 2008.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE UN CONTROL A LA EFICIENCIA DE UNA MÁQUINA BÁSICA, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS BÁSICAS, EN UNA FÁBRICA DE PILAS SECAS**, presentado por el estudiante universitario Alexis Rubén Chacón Santos, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera

DIRECTOR

Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2009.



/mgp

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Supremo Creador, que en los momentos difíciles nunca me ha abandonado, a pesar de lo pecador que he sido, gracias Dios mío por hacerme saber que nunca estoy solo.
- Mi padre** Nicolas Chacón Tambriz.
Por su buen ejemplo como padre, por sus sabios consejos, por su amor de padre, por su incondicional ayuda para que lograra lo que hoy estoy alcanzando, por la confianza que ha tenido en mí, por todo, muchas gracias papá.
- Mi madre** Francisca Santos de Chacón.
Franz, para ti cualquier palabra se quedaría corta para decirte todo lo que en estos momentos siento. Miro el baúl de recuerdos desde mis inicios de estudiante a los 5 años, y desde ese momento estuviste pendiente de mi educación, hoy simbólicamente este triunfo es para ti, tu sueño de verme graduado acá lo tienes que las bendiciones de Dios nunca falten para ti.
- Mi hijo** Diego Emanuel Chacón Sian.
Por ser la bendición más grande que Dios me ha dado, por ser mi gran motivación, eres mi sonrisa, la luz de mi mirada y ese profundo amor que llena de paz mi alma.
- Mis hermanas** Evelyn, Paola y Julieta.
Por demostrarme que el ejemplo no es la mejor forma de influir en los demás, es la única. Para las tres un abrazo inmenso por estar siempre como una verdadera familia.
- Mi esposa** Elva Marcela Sian Fajardo.
Por su compañía y apoyo durante todos estos años. Esperando pronto alcances tu también tu meta. Te amo.
- Mi asesor** Ing. Heber Mazariegos Santos.
Por su amistad y por su ayuda en la elaboración de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES	1
1.1 Historia de la Pila Seca.....	1
1.2 Descripción de la Empresa.....	3
1.1.1 Reseña histórica.....	3
1.1.2 Actividades a las que se dedica la Empresa....	5
1.1.3 Descripción y distribución de la Línea de Producción.....	5
1.1.4 Estructura Organizacional.....	6
1.3 Materia prima que se utiliza en el departamento.....	9
1.3.1 Mezcla despolarizante.....	9
1.3.2 Papel separador.....	9
1.3.3 Papel para fondo.....	9
1.3.4 Papel para compresión.....	10
1.3.5 Papel para sello.....	10
1.3.6 Carbón.....	10
1.3.7 Vaso de zinc.....	10
1.4 Base teórica.....	11

1.4.1	Diagrama de Operaciones en la producción de semipila en una Máquina Básica.....	11
1.4.2	Diagrama de Flujo del Proceso en el Departamento de Máquinas Básicas.....	12
1.4.3	Diagrama de Recorrido del Proceso en la producción de pilas secas.....	13
1.5	Eficiencia.....	14
1.5.1	¿Qué es Eficiencia?.....	14
1.5.2	¿Qué es Producción Real Obtenida?.....	14
1.5.3	¿Qué es Producción Estándar Esperada?....	14
1.5.4	Importancia de la eficiencia en la Industria....	15
1.5.5	Insumos.....	15
1.6	Maquinaria.....	15
1.7	Mantenimiento.....	16
1.7.1	¿Qué es Mantenimiento?.....	16
1.7.2	Tipos de Mantenimiento.....	16
1.7.3	Mantenimiento preventivo.....	16
1.7.4	Mantenimiento correctivo.....	17
1.8	Desperdicio.....	17
1.8.1	¿Qué es el desperdicio?.....	17
1.8.2	Cálculo del porcentaje de desperdicio.....	17
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO.....	19
2.1	Descripción del Proceso.....	19
2.2	Maquinaria y equipo.....	20
2.3	Manejo de materiales.....	21
2.4	Análisis del personal del Departamento.....	22
2.4.1	Supervisores.....	22
2.4.1.1	Supervisor de Producción.....	22

2.4.1.2	Supervisor de Control de Calidad.....	23
2.4.1.3	Supervisor de Mantenimiento.....	23
2.4.2	Operadores.....	23
2.4.3	Mecánicos.....	24
2.4.4	Comodines.....	24
2.5	Jornadas de trabajo.....	24
2.6	Cálculo de la eficiencia en una máquina.....	25
2.6.1	Eficiencia mensual.....	26
2.7	Mantenimiento aplicado a la maquinaria.....	27
2.7.1	Mantenimiento correctivo.....	27
2.7.2	Mantenimiento preventivo.....	27
2.8	Desperdicio.....	28
2.8.1	Sistema que se utiliza.....	28
2.8.2	Índice de desperdicio por máquina.....	28
2.4.4.1	Índice de desperdicio mensual.....	28
2.9	Paros en máquinas.....	29
2.9.1	Paros mecánicos.....	29
2.9.2	Paros automáticos.....	30
2.10	Análisis de resultados al final del período.....	30
2.10.1	¿Qué es un período?.....	30
2.10.2	Resultados mensuales.....	30
3.	PROPUESTA DE MEJORA.....	31
3.1	Control de materia prima.....	31
3.2	Análisis y cálculo de la eficiencia.....	32
3.2.1	Cálculo de la eficiencia.....	32
3.2.2	Análisis por día.....	33
3.2.3	Análisis por semana.....	34
3.2.4	Análisis por mes.....	34

3.3	Análisis de paros mecánicos.....	34
3.3.1	Representación gráfica de paros mecánicos.....	35
3.3.1.1	Recopilación de datos de paros mecánicos.....	35
3.3.1.2	Gráfica de Pareto de paros mecánicos...	36
3.3.1.3	Gráfica de paros por estación de máquina.....	37
3.3.1.4	Mejoras basados en los datos gráficos.	38
3.4	Análisis de paros automáticos.....	39
3.4.1	Paro automático en una Máquina Básica.....	39
3.4.2	Recopilación de datos de paros automáticos.....	40
3.4.3	Representación Gráfica de paros automáticos.....	42
3.4.3.1	Gráfica de Pareto de paros automáticos.....	43
3.4.3.2	Gráfica de frecuencia de paros.....	44
3.4.3.3	Mejoras basadas en los datos gráficos.	45
3.5	Análisis del índice de desperdicio.....	46
3.5.1	Recopilación de datos de desperdicio.....	47
3.5.2	Cálculo del índice de desperdicio.....	47
3.5.3	Diagrama de Pareto para el análisis del desperdicio.....	48
3.5.4	Acciones a tomar según gráfica de desperdicio...	49
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	51
4.1	Establecimiento de objetivos para el período.....	51
4.1.1	Porcentaje mínimo de eficiencia.....	51
4.1.2	Porcentaje máximo de desperdicio.....	51

4.2	Control gráfico de la eficiencia.....	52
4.2.1	Representación gráfica por intervalos de tiempo de la jornada.....	52
4.2.2	Representación gráfica por día.....	53
4.3	Control gráfico del índice de desperdicio.....	54
4.3.1	Gráfica por día.....	55
4.3.2	Gráfica por semana.....	56
4.3.3	Gráfica por mes.....	57
4.4	Programa de mantenimiento.....	58
4.4.1	Mantenimiento preventivo.....	58
4.4.2	Mantenimiento correctivo.....	59
4.5	Análisis de resultados al final del período.....	60
4.5.1	Tabla general de resultados.....	60
4.5.2	Acciones tomadas durante el período.....	62
4.5.3	Propuestas de mejoras para el siguiente período.....	63
5.	SEGUIMIENTO A LA PROPUESTA DE MEJORA.....	65
5.1	Análisis de la eficiencia de la línea de producción.....	65
5.1.1	Eficiencia de cada máquina.....	65
5.2	Análisis del desperdicio en el departamento	68
5.2.1	Desperdicio de cada máquina.....	68
5.2.2	Desperdicio en el área de inspección.....	71
5.3	Trabajo en equipo.....	72
5.4	Comunicación.....	73
5.5	Estadísticas de resultados.....	74
5.6	Información de resultados al personal de la línea.....	77

CONCLUSIONES..... 79
RECOMENDACIONES..... 81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 83
BIBLIOGRAFÍA..... 85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Anatomía de la pila.....	2
2.	Presentación antigua de la pila.....	4
3.	Presentación actual del producto.....	4
4.	Organigrama de Manufactura.....	6
5.	Organigrama Departamento Control de Calidad.....	7
6.	Organigrama Departamento de Ingeniería.....	8
7.	Organigrama Departamento de Producción y Relaciones Industriales.....	8
8.	Diagrama de Operaciones.....	11
9.	Diagrama de Flujo.....	12
10.	Diagrama de Recorrido.....	13
11.	Formato vale de requisición de materiales.....	22
12.	Eficiencia en una máquina.....	33
13.	Formato para recopilación de paros mecánicos.....	35
14.	Gráfica de Pareto de paros mecánicos.....	37
15.	Paros mecánicos por estación de máquina.....	38
16.	Formato de hoja de paros automáticos.....	41
17.	Tiempo de paros automáticos.....	44
18.	Frecuencia de paros automáticos.....	45
19.	Formato Recopilación del Desperdicio.....	47
20.	Causas de desperdicio.....	49

21.	Eficiencia en intervalos de tiempo en una jornada de trabajo.	53
22.	Eficiencia diaria durante el mes de trabajo.....	54
23.	Control diario de desperdicio.....	55
24.	Control del desperdicio por semana.....	56
25.	Control del desperdicio mensual en el departamento de máquinas básicas.....	57
26.	Representación gráfica de eficiencia por máquina.....	67
27.	Representación gráfica de desperdicio por máquina.....	70
28.	Formato para recopilación de desperdicio en inspección.....	71
29.	Gráfica estadística de causas de paros mecánicos.....	74
30.	Gráfica estadística de porcentajes de paros mecánicos a la línea.....	75
31.	Gráfica estadística de porcentaje de eficiencia en una máquina	75
32.	Gráfica estadística de porcentaje de paros a línea de producción.....	76
33.	Exhibidor de gráficas de desempeño laboral.....	78

TABLAS

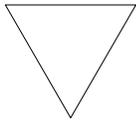
I	Descripción de la maquinaria utilizada en la planta.....	20
II	Producciones del mes de diciembre.....	26
III	Producción y desperdicio mes de diciembre.....	29
IV	Objetivos mensuales.....	30
V	Recopilación de datos de paros mecánicos.....	36
VI	Cálculos para la obtención de la Gráfica de Pareto.....	36
VII	Datos de paros mecánico por estación de máquina.....	37
VIII	Datos de frecuencias de paros automáticos.....	42
IX	Datos de tiempos de paros automáticos.....	43

X	Causas de desperdicio según muestreo.....	48
XI	Tabla de Resultados.....	61
XII	Eficiencia diaria por máquina.....	66
XIII	Porcentaje de desperdicio diario por máquina.....	69

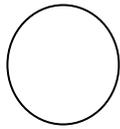
FÓRMULAS

I	Cálculo de la eficiencia.....	14
II	Cálculo del índice de desperdicio.....	18

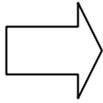
LISTA DE SÍMBOLOS



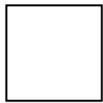
Almacenamiento



Operación



Transporte



Inspección

GLOSARIO

Electrolito	Cuerpo que se somete a descomposición química de un cuerpo disociable, disuelto o fundido, producida por la electricidad.
Mezcla despolarizante	Conjunto de materiales que unidos forman la parte eléctrica que al final será la pila de zinc carbón.
Máquina básica.	Nombre con el que se conoce a la máquina que produce las semipilas de zinc carbón en la planta Rayovac.
Período de producción	Prácticamente los días de un mes que se tiene planes de producción.
Pila de Zinc	Se denomina pila o elemento galvánico a un sistema en el que la energía química de una reacción química es transformada en energía eléctrica.
Revisiones por atributos	Son aquellas características de calidad no mensurables, cuya dimensión en general no se puede representar con una cifra.

Revisiones por

variables

Características de calidad que podemos representar con una cifra.

RESUMEN

El presente trabajo da a conocer la importancia que tiene llevar un control a la eficiencia en una máquina de producción, para obtener resultados satisfactorios y a la larga ser productivos, que es el objetivo primordial de toda empresa manufacturera. Para ello, primero se presenta una breve descripción del producto que allí se fabrica, los materiales de los que está compuesto y los que se utilizan en el departamento, así como una descripción gráfica del proceso y generalidades importantes dentro de la empresa. También la forma en que está organizada internamente, sin dejar a un lado conceptos importantes para este trabajo: los niveles de eficiencia, los índices de desperdicio y el mantenimiento. Elementos en donde se enfocará el proyecto.

Se describen las jornadas de trabajo que se dan dentro de la planta, el personal que labora en ella, quiénes están encargados de las diferentes funciones de producción y calidad del producto, así como del mantenimiento de las máquinas, de forma general, cómo es la situación actual en la que se desarrolla el trabajo dentro del departamento.

Para alcanzar el nivel de productividad requerido por la alta gerencia, se enfoca en trabajos de seguimiento a los índices de eficiencia, lo que conlleva analizar los índices de desperdicio y los trabajos de mantenimiento que se realizan en el departamento. Para esto se inicia el estudio tomando como base el desempeño de una sola máquina, con lo cual se recopila información, utilizando como herramienta elemental los Diagramas de Pareto, los cuales permiten determinar causas principales en qué enfocar acciones de mejoras. Se grafican porcentajes de eficiencia y desperdicio que permitan conocer el comportamiento de estos rubros.

Se da un seguimiento al comportamiento mecánico que tiene la máquina, para encontrar qué causas mejorar para elevar el nivel de eficiencia. Alcanzando los objetivos de eficiencia y desperdicio en la máquina, lo siguiente es mantener el seguimiento, trabajar en equipo, dar la información del desempeño de la máquina al operador que está encargado, publicar resultados obtenidos diariamente a todo el departamento mediante exhibidores.

OBJETIVOS

GENERAL

Aumentar la productividad de una máquina básica que se encuentre fuera de los estándares establecidos.

ESPECÍFICOS

1. Eliminar todos aquellos tiempos muertos que estén causando bajas en los niveles de eficiencia de la máquina.
2. Aprovechar adecuadamente todas las materias primas que se utilizan en el proceso, para disminuir el índice de desperdicio de la máquina.
3. Implementar programas de mantenimiento preventivo que ayuden a disminuir el mantenimiento correctivo a una máquina durante tiempos efectivos de trabajo.
4. Analizar las causas que disminuyen el porcentaje de eficiencia para establecer los planes de acción a seguir.
5. Establecer los niveles de eficiencia y desperdicio que se pretenden alcanzar en un determinado período, para analizar los avances que se vayan teniendo.

6. Conjuntar las áreas de Mantenimiento, Producción y Control de Calidad, que permitan realizar un trabajo en equipo en el alcance de los objetivos.
7. Mantener el control constante en el porcentaje de eficiencia y de desperdicio para impedir que se salgan de los límites establecidos.

INTRODUCCIÓN

En términos generales, productividad significa hacer las cosas cada vez mejor hasta el final, aprender del pasado. La palabra productividad se ha vuelto muy popular en la actualidad, ya que se considera que el mejoramiento de la productividad es el motor que está detrás del progreso económico y de las utilidades de una corporación. Bien se dice: “Un país que no mejora su productividad, pronto reducirá su estándar de vida.” Lo mismo ocurre con cualquier empresa productora de bienes o servicios, el objetivo primordial es obtener índices de productividad que ayuden a mantenerse en un mundo globalizado y competitivo.

Darle control a la eficiencia de una máquina para lograr productividad en el proceso de producción, es fundamental para este trabajo en particular. Una máquina se considera productiva, si alcanza el índice de eficiencia objetivo, si el nivel de desperdicio está abajo del estándar y si cumple el nivel de producción planificado dentro de los tiempos estipulados. Esto se logrará analizando causas que interrumpan el proceso; con la ayuda de los Diagramas de Pareto se contará con una herramienta fundamental en el proceso de buscar soluciones y proponer mejoras continuas al proceso.

Una pieza fundamental en el proceso de producción, es la maquinaria con la que se dispone, ya que del buen funcionamiento y del cuidado adecuado que se le dé, así serán también los resultados que se esperen: de producción, eficiencia y productividad. Manteniendo un control y dándole el seguimiento oportuno, se puede obtener información que nos permita atacar causas que nos ayuden a mejorar el proceso.

Se logrará ser productivos si se trabaja bajo la pauta de un control a la eficiencia de una máquina, para luego ser aplicado a la totalidad de maquinaria existente en el departamento, porque, si se logra ser productivos con el seguimiento aplicado a una sola máquina, con el resto se obtendrá el mismo resultado.

El camino a seguir para alcanzar el éxito no es sencillo, pero el trabajar conjuntamente como un equipo de trabajo, comprometidos por un solo logro, comunicando en todas direcciones reconociendo los logros, se puede lograr.

1. GENERALIDADES

1.1 Historia de la pila seca

El origen de la pila seca no se sabe con exactitud, lo único que se puede decir, es que en la antigua Grecia se tenía el conocimiento del efecto que se obtenía mediante una pieza de ámbar que era frotada con otro material.

La historia de la batería es mucho más reciente. Alrededor de los años 1800, Alessandro Volta (de quien se obtiene el nombre de la unidad de medición de la diferencia de potencial: Voltios), construyó el primer aparato conocido que generó corriente continua. Lo que hizo fue poner dos pequeños discos del tamaño de una moneda pequeña, uno de plata y el otro de zinc en un recipiente, separados por un material esponjoso como el cuero. Todo este conjunto estaba sumergido en agua salada o en otra solución alcalina. A este conjunto le podemos llamar una pila. Volta, después se dio cuenta de que si ponía estas pilas una seguida de otra, unidas por tiras de metal, se lograba que el voltaje final fuera mayor.

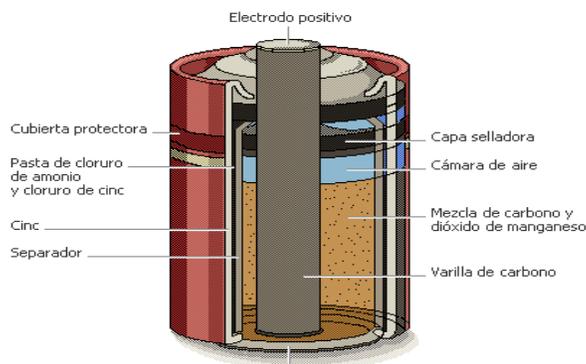
Muchos científicos fueron mejorando la idea original de la batería de Volta, y en 1860, George Leclanche, de Francia, desarrolló la primera batería utilizada ampliamente (la célula de zinc carbón). El ánodo era de zinc y una aleación de mercurio y el cátodo era un compuesto de dióxido de magnesio y un poco de carbón. Ambos, ánodo y cátodo, fueron sumergidos en una solución de cloruro de amonio, que actuaba como electrolito. El sistema fue llamado: "la célula mojada".

La pila primaria más común es la pila inventada por Lecclanché. La pila seca que se utiliza hoy es muy similar al invento original. El electrolito es una pasta consistente en una mezcla de cloruro de amonio y cloruro de zinc. El electrodo negativo es de zinc, igual que el recipiente de la pila, y el electrodo positivo es una varilla de carbono rodeada por una mezcla de carbono y dióxido de manganeso. Esta pila produce una fuerza electromotriz de unos 1.5 voltios.

En general, la electricidad mediante las pilas secas, ha sido explorada y probada desde tiempos remotos y sin embargo los principios de su funcionamiento aún se mantienen a pesar de los avances tecnológicos, el uso de este invento sigue siendo utilizado por millones de personas en el mundo entero y la demanda continua en aumento, actualmente se puede encontrar cualquier tipo de marcas, tamaños, diseños y precios.

- **Anatomía de la pila**

Figura 1 Partes de la pila



© Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Pila seca

Los elementos funcionales de una pila seca son el electrodo negativo (el recipiente de zinc que alberga los materiales de la pila), el electrodo positivo (la varilla de carbono y la mezcla de carbono y dióxido de manganeso que la rodea) y el electrolito, una pasta de cloruro de amonio y cloruro de zinc situada entre los dos polos. Esta pasta permite que se produzca una reacción química en la que están implicados los constituyentes de ambos electrodos, y que da lugar a una corriente eléctrica al conectar los electrodos mediante un conductor.

© Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Microsoft® Encarta® 2006. © 1993-2005 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

1.2 Descripción de la empresa

Rayovac Corporation es una compañía global de productos de consumo, con un portafolio diverso de marcas de clase mundial. La compañía sostiene muchas posiciones líderes del mercado incluyendo, entre otras, el liderazgo mundial en pilas para aparatos de sordera, el recargador de baterías de mayor venta en Norteamérica y Europa, la marca número uno en ventas de rasuradoras eléctricas para hombres y mujeres en Norteamérica. Rayovac mercadea sus productos en más de 100 países y cotiza en la bolsa de valores de Estados Unidos bajo el símbolo ROV.

Rayovac Guatemala tiene 45 años de existir y pertenece a la Corporación Spectrum Brands, produce y distribuye marcas líderes en el mercado como Rayovac, Varta y Rémington, en Guatemala la planta productora de pila se encuentra ubicada en la zona 6, de la capital y la distribuidora de comercialización y oficina regional están ubicadas en la Avenida Hincapié zona 13.

1.2.1 Reseña histórica

En 1961 se funda la empresa bajo el Nombre de Duralux, S.A. capital 100% guatemalteco (familia Arzú), con tecnología Japonesa, iniciando producción el 6 de febrero de 1961 con pilas Duralux. Ver figura 2.

En el año 1962 se vende el 75% de la empresa a Rayovac Corporation. La primera pila RAY O VAC se fabrica el 15 de agosto de ese año. Ver Figura 3. Dándole un cambio completo a la presentación anterior a la pila, la cual se conserva hasta la fecha.

Figura 2 Presentación antigua del producto



Figura 3 Presentación actual del producto



En 1975, se desliga de Rayovac Corporation y pasa a formar parte de INCO (International Níkel Company), quien en 1985 vende a ROV Limited. En 1999 ROV Limited vende nuevamente, la adquiere Rayovac Corporation.

En el año 2003, la planta instala un segundo turno por el aumento de ventas en todos los mercados. En el año 2005 Rayovac corporation cambia su nombre a Spectrum Brand.

1.2.2 Actividades a las que se dedica la empresa

Rayovac Guatemala es una Industria altamente tecnificada que se dedica a la producción de pilas de zinc carbón, cuenta con tres líneas de producción, uno para cada presentación, según el tamaño de pila a producir D, C y AA así como también el empaque de pila alcalina tamaño AA, AAA y 9V. Para cada línea hay un departamento debidamente balanceado para crear un flujo continuo en la producción.

La producción de pila generada en la planta es distribuida tanto a nivel local como también a otros países entre los que se puede mencionar: México, Republica Dominicana, Colombia, Haití y Centro América.

1.2.3 Descripción y distribución de la línea de producción

Para la producción de la pila tamaño C la línea de producción cuenta con cuatro departamentos para llegar a convertirse en producto terminado, la proceso inicia en el departamento de extrusión, donde se fabrica el vaso de zinc, el cual es enviado al departamento de máquinas básicas para la elaboración de la semi-pila, seguidamente es enviada al departamento de ensamble para colocar blindaje y sello (es la capa de asfalto que se le aplica a la pila), para luego trasladarla al departamento de empaque para convertirla en producto terminado y enviarla a bodega lista para la venta.

La línea de producción esta balanceada estratégicamente para que el flujo de producción sea continuo, en extrusión producen el vaso de zinc y crean su propio inventario de existencia para cuando sea necesitado en el siguiente departamento que es el de máquinas básicas, en éste departamento se crea la semi-pila y es enviada por medio de una faja transportadora para que sea

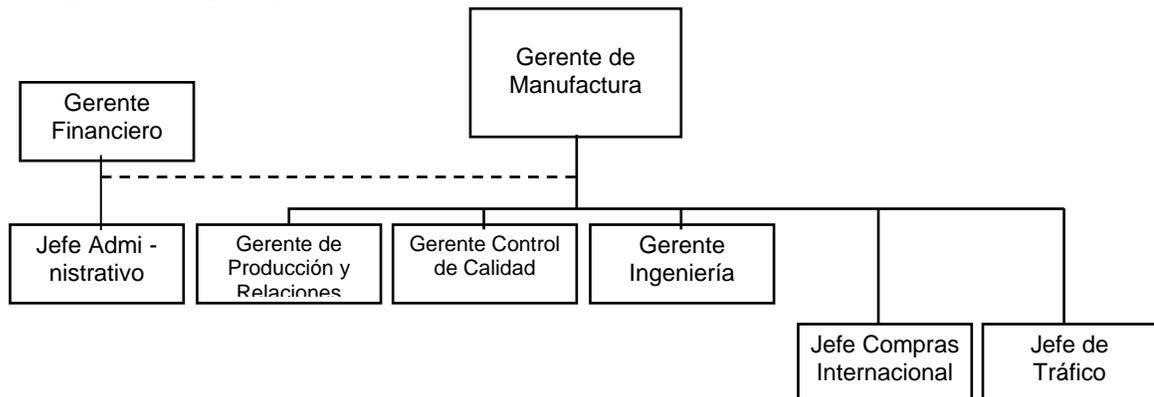
ensamblada; de igual manera es enviada para que sea sellada, todo este proceso se realiza en el departamento de ensamble, después de sellada se envía por faja transportadora hacia el departamento de empaque en donde cierran la pila, le colocan el sello de garantía, se empaca y se envía a bodega, para estar lista para la venta.

Como todo producto competitivo la calidad es fundamental y en el proceso de semi-pila no es la excepción, por lo que en el departamento se le realizan diversas revisiones por variables (altura de hombro, altura del electrodo de carbón, control de voltaje-amperaje, y peso de mezcla) y revisiones por atributos (altura del papel separador, electrodo de carbón bien centrado, semi-pila sin golpes visibles, etc.)

1.2.4 Estructura organizacional

La planta Rayovac Guatemala está dirigida por su Gerente de Manufactura, cuya función principal consiste en planificar, supervisar y coordinar las actividades de todas las áreas de la planta. Además cuenta con la colaboración del Gerente de Control de Calidad, del Gerente de Ingeniería, del Gerente de Producción y Relaciones Industriales y del Gerente Financiero. Siendo la organización tal como se muestra en la figura 4.

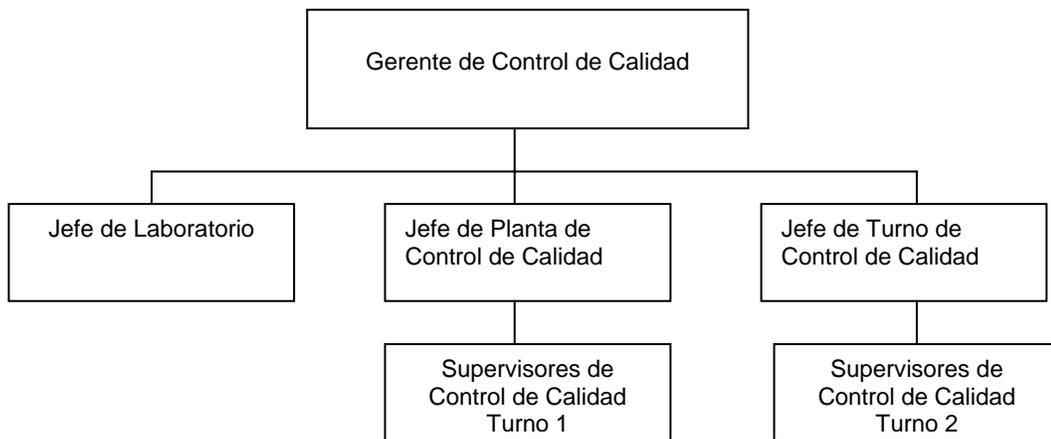
Figura 4 Organigrama de manufactura.



- **Gerente de control de calidad**

Entre las principales funciones del Gerente de Control de Calidad están: planificar, supervisar, coordinar y dirigir el sistema de calidad para el cumplimiento de los estándares de calidad de los productos; así como el desarrollo de nuevas formulaciones, materias primas y material de empaque. Cuenta con la colaboración del jefe de laboratorio químico, el jefe de planta de control de calidad, el jefe de turno y los supervisores de línea de control de calidad, tal como se muestra en la figura 5.

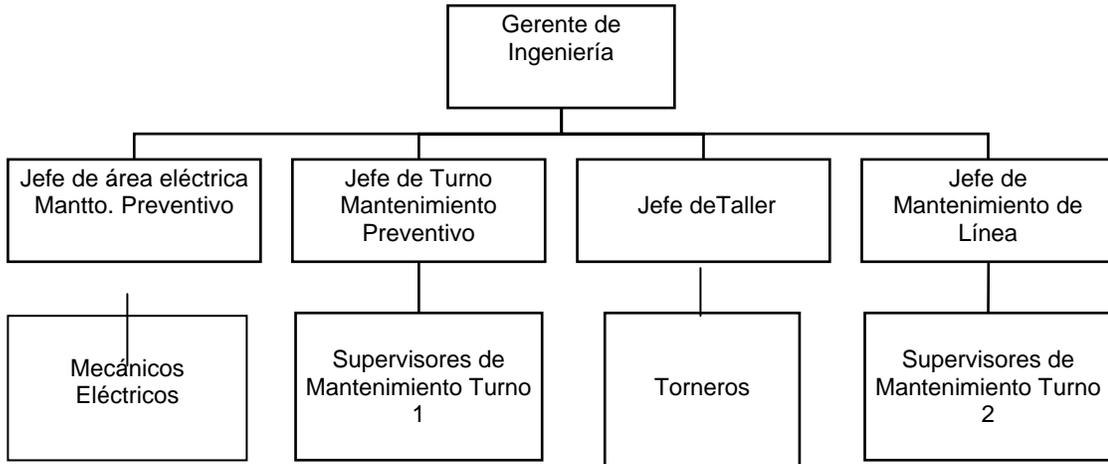
Figura 5 Organigrama departamento control de calidad.



- **Gerente de Ingeniería**

Dentro de las funciones del Gerente de Ingeniería están: planificar, supervisar, coordinar y dirigir el desarrollo del mantenimiento preventivo de la maquinaria y edificios de la planta; así como el desarrollo de nuevos proyectos. Cuenta con la colaboración del jefe de área eléctrica quien tiene a su cargo los mecánicos eléctricos, el Jefe de turno de mantenimiento preventivo, quien tiene a su cargo a los supervisores de mantenimiento del turno 1, el jefe de taller quien tiene a su cargo a los torneros y el jefe de mantenimiento de línea quien tiene a su cargo a los supervisores de mantenimiento del turno 2. Tal como se muestra en la figura 6.

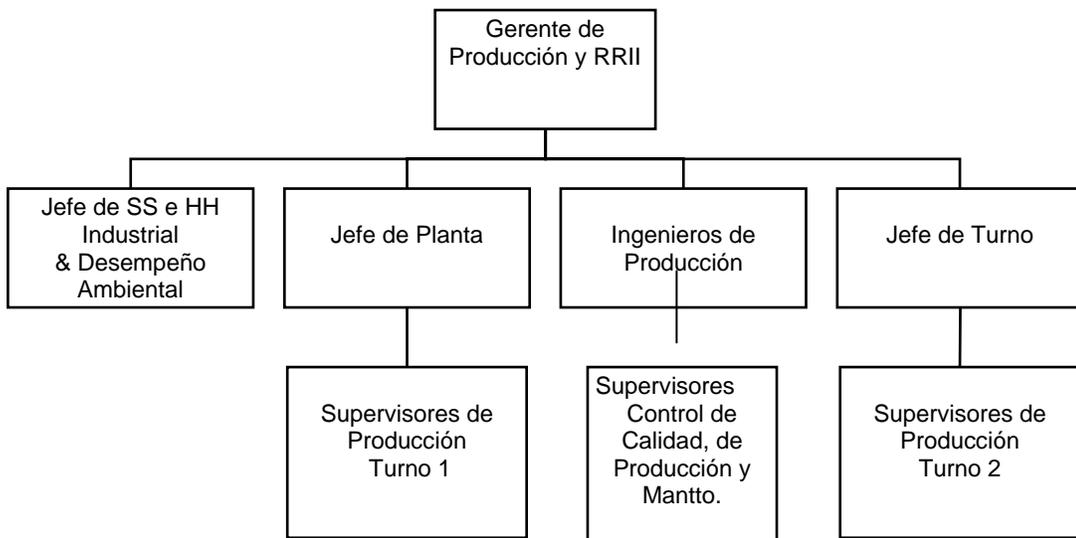
Figura 6 Organigrama departamento de ingeniería.



• Gerente de producción y relaciones industriales

Entre las funciones del gerente de producción y relaciones industriales están: planificar, supervisar y coordinar las actividades de producción, recursos humanos, seguridad industrial y desempeño ambiental, así como el desarrollo de nuevos proyectos.

Figura 7 Organigrama departamento de producción y relaciones industriales.



1.3 Materia prima que se utiliza en el departamento

En el departamento de máquinas básicas, la producción de la pila seca necesita de cinco materias primas principales para su elaboración, siendo estas: la mezcla despolarizante, papel separador, papel para fondo, papel para compresión, papel para sello y el electrodo de carbón. Además de estos materiales también es utilizado el vaso de zinc el cual es producido en extrusión y enviado al departamento de máquinas básicas, para su utilización.

1.3.1 Mezcla despolarizante

Es un elemento fundamental en la producción de pilas secas, ésta necesita de una proceso especial en el cual como su nombre lo indica se mezclan elementos químicos tales como: el bióxido de manganeso, el negro de acetileno, cloruro de zinc y el bicloruro de mercurio, todos ellos forman la mezcla despolarizante que se utilizará formando una bobina compacta en el centro de la pila.

1.3.2 Papel separador

Este material sirve primordialmente para aislar eléctricamente a la mezcla despolarizante (polo positivo) y al vaso de zinc (polo negativo). Este papel separador es una pasta de cereal (almidón) y/o metil celulosa; también puede ser un papel impregnado con esta pasta.

1.3.3 Papel para fondo

Este papel tiene la misma finalidad del papel separador, aislar eléctricamente a la mezcla despolarizante y al vaso de zinc, pero en la parte inferior de la pila.

1.3.4 Papel para compresión

Este papel se coloca luego de haber pasado por el llenado de mezcla despolarizante y se utiliza para que la bobina de mezcla colocada en el centro de la pila no pierda la compactación y con esto garantizar el amperaje que da vida a la pila.

1.3.5 Papel para sello

Sirve para evitar que el sello final de asfalto se introduzca en la cámara de aire de la pila y con esto conservar la humedad de la mezcla despolarizante. El sello es factor fundamental en la vida de almacenaje de la pila, si ésta pierde su humedad no hay reacción química cuando se le aplique alguna descarga.

1.3.6 carbón

Este es un electrodo de carbón que es insertado a la pila seca en la mezcla despolarizante después de haberse colocado el papel compresión y cumple con la función de colector de electrones. También permite que escapen los gases que se generan en la descarga de la pila.

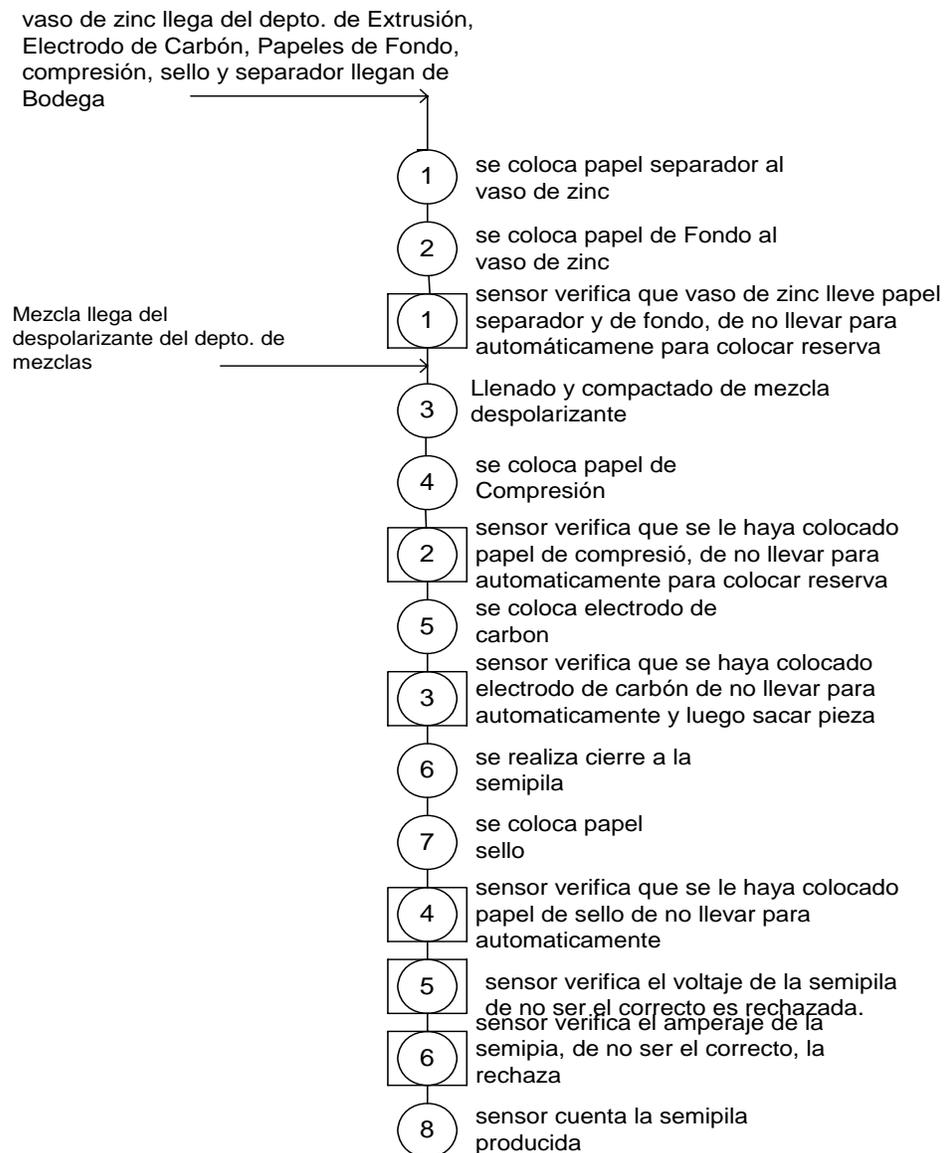
1.3.7 Vaso de zinc

Este es un recipiente de zinc, el cual alberga los materiales de la pila utilizados en el departamento (papel para fondo, papel separador, mezcla despolarizante, papel para compresión, electrodo de carbón y papel para sello.) Es producido y almacenado en el departamento de extrusión bajo los estándares de calidad establecidos. Es enviado al departamento de máquinas básicas, para su debida utilización, en el momento que sea requerido.

1.4 Base Teórica

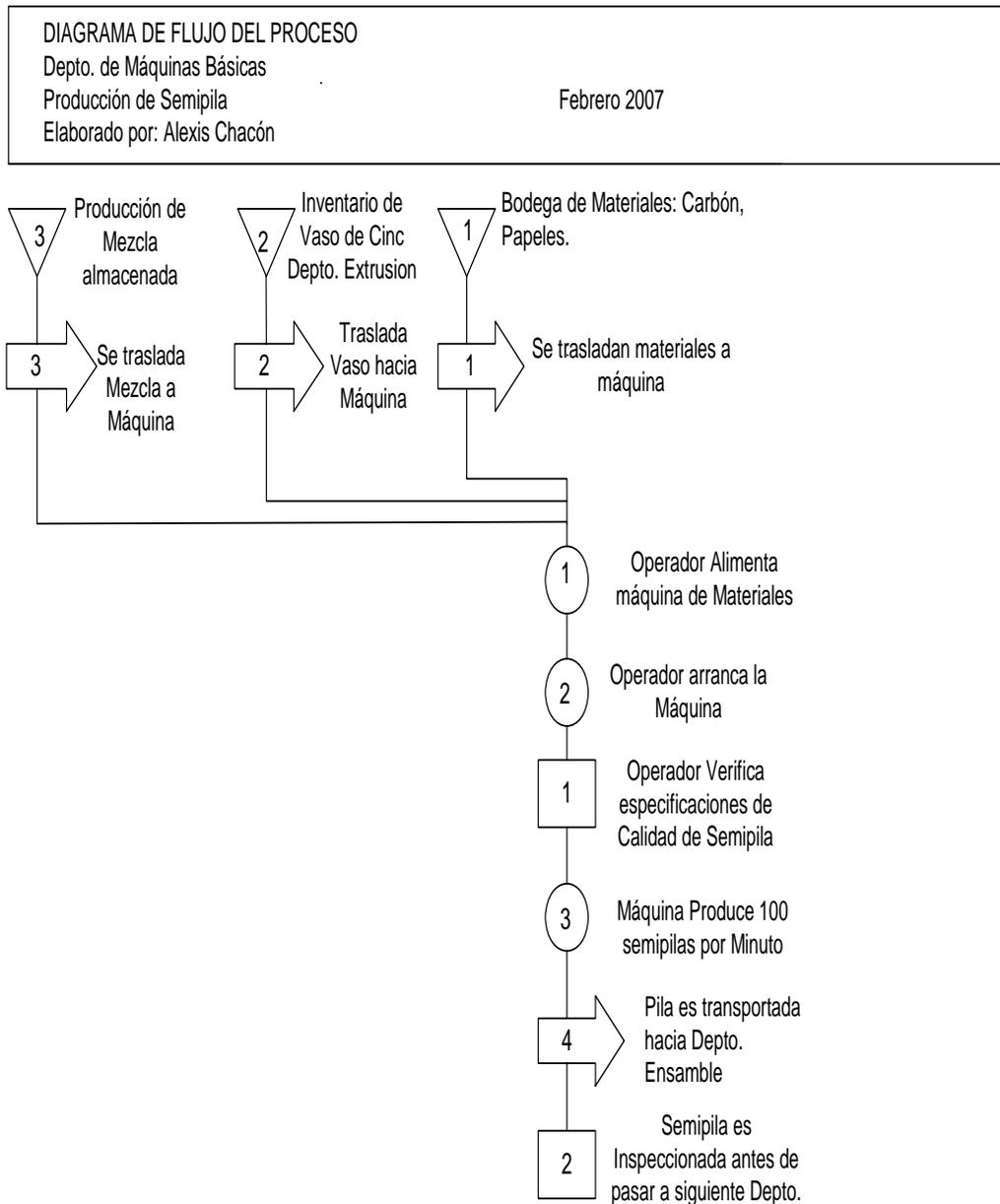
1.4.1 Diagrama de Operaciones en la producción de semipila en una máquina básica

Figura 8 Diagrama de Operaciones



1.4.2 Diagrama de Flujo del Proceso en el departamento de Máquinas Básicas

Figura 9 Diagrama de Flujo del Proceso



1.4.3 Diagrama de Recorrido del Proceso en la producción de pilas secas

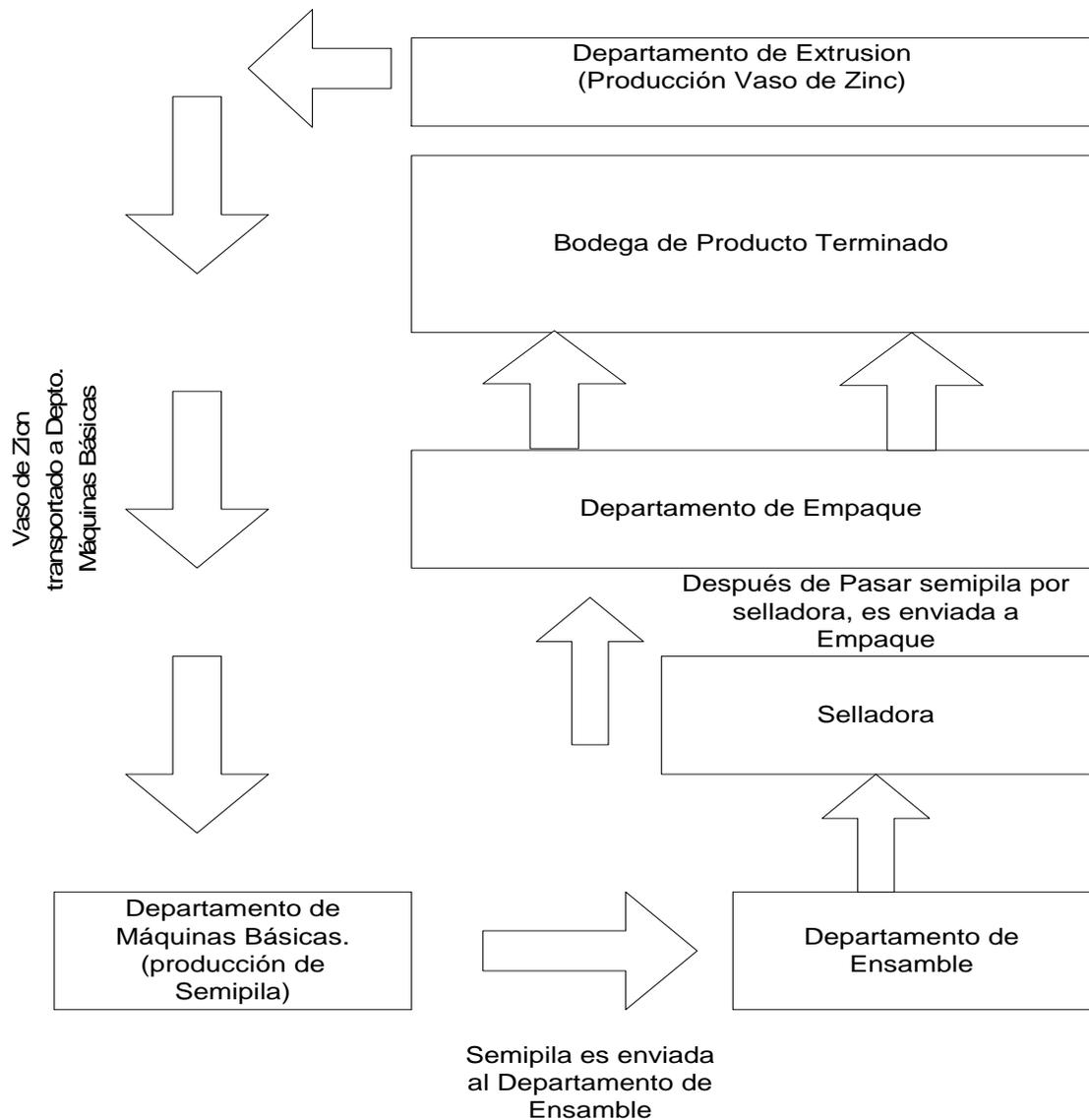
Figura 10 Diagrama de Recorrido del Proceso

DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO

Producto: Producción Pila Seca

El Diagrama Empieza en el Depto. de Extrusión y Termina en el Almacén de Producto Terminado

Elaborado por: Alexis Chacón



1.5 Eficiencia

1.5.1 ¿Qué es eficiencia?

La eficiencia es la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada.

Fórmula I Cálculo de la eficiencia.

$e = (\text{producción real obtenida} / \text{producción estándar esperada}) \times 100\%$

1.5.2 ¿Qué es producción real obtenida?

Es aquella producción obtenida durante una jornada de trabajo o período de tiempo determinado. Por ejemplo, en una jornada de trabajo una máquina tuvo una producción de 45,000 unidades, tomando en cuenta que necesitó mantenimiento correctivo durante 50 minutos. La producción de 45,000 unidades es nuestra producción real obtenida durante esa jornada.

1.5.3 ¿Qué es producción estándar esperada?

Es aquella producción que se debería obtener en una jornada de trabajo o período de tiempo efectivo, descontando todos aquellos tiempos en los que necesariamente la máquina tiene que parar de producir, tales como: tiempos por cargar la maquina de materiales, por ejemplo: una máquina que trabaja una jornada de 8 horas y con una capacidad de 109 unidades por minuto y durante la jornada son necesarios 15 minutos para cargar la máquina, la producción estándar esperada se obtiene de la siguiente manera:

$(8\text{hrs.})(60\text{min}) = 480 \text{ min.}$

$480 \text{ min.} - 15 \text{ min.} = 465 \text{ min.}$

Prod. Estándar esperada = $(465 \text{ min.})(109 \text{ un/min.}) = 50,685 \text{ unidades}$

1.5.4 Importancia de la eficiencia en la industria.

Debido al incremento en factores que influyen en el proceso de producción de un bien o servicio tales como: energía eléctrica, insumos con un costo más elevado, mano de obra más calificada, etc. Toda industria busca mediante un alto índice de eficiencia ayudarse a obtener una mejor productividad que conlleve a obtener mejores ingresos que generen estabilidad en la empresa.

1.5.5 Insumos

Son los bienes y servicios que incorporan al proceso productivo las unidades económicas y que, con el trabajo de los obreros y empleados y el apoyo de las máquinas, son transformados en otros bienes o servicios con un valor agregado mayor.

1.6 Maquinaria

Se denomina maquinaria al conjunto de máquinas, piezas y elementos capaces de ejecutar una tarea o conjunto de tareas automatizadas o planeadas. La palabra maquinaria se emplea frecuentemente como un conjunto de máquinas empleadas en un único fin, por ejemplo: maquinaria agrícola, maquinaria de guerra, etc.

1.7 Mantenimiento

1.7.1 ¿Qué es mantenimiento?

Es el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, maquinaria industrial, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente. Tiene como finalidad optimizar la disponibilidad del equipo productivo, la disminución de los costos de mantenimiento y maximización de la vida de la máquina.

1.7.2 Tipos de mantenimiento

Para conservar la planta industrial con el equipo y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectadas, con la capacidad y la calidad especificadas, el mantenimiento se ayuda de dos importantes tipos de mantenimiento:

- mantenimiento preventivo
- mantenimiento correctivo

1.7.2.1 Mantenimiento preventivo

Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas. Se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico, por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo, se basa en la confiabilidad de los equipos, sin considerar las peculiaridades de una instalación dada. Ejemplos: limpieza, lubricación, recambios programados, etc.

1.7.2.2 Mantenimiento correctivo

Consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

1.8 Desperdicio

1.8.1 ¿Qué es el desperdicio?

Es toda actividad o consumo de algún recurso, inútil; es decir, que no sirve para la finalidad del proceso, sea éste de tipo industrial, de servicios o en cualquier proceso de las empresas, como los de finanzas o los de compras. Esto es así, puesto que el funcionamiento de cualquier área de la empresa tiene lugar por medio de procesos. Cualquier actividad que no haga avanzar un producto hasta su estado final, es un desperdicio.

En nuestro caso, nos enfocaremos a los desperdicios que en algún momento estén relacionados con las unidades de producto con algún tipo de defecto ya sea por atributos o por variables, que se desperdicien en el departamento.

1.8.2 Cálculo del porcentaje de desperdicio.

El cálculo del desperdicio es la razón entre las unidades de producto malo o que no cumple con especificaciones de calidad establecidas y la producción total de la máquina o área de trabajo. Como por ejemplo: una máquina cuya producción total en su jornada de trabajo fue de 47,525 unidades y que las unidades que no cumplieron las especificaciones de calidad fueron 60 unidades, el porcentaje de desperdicio se obtiene de la siguiente forma:

Fórmula II. Cálculo del índice de desperdicio

$$\% \text{desperdicio} = (\text{desperdicio total} / \text{producción total}) \times 100$$

$$\% \text{desperdicio} = (60 \text{ unidades} / 47,525 \text{ unidades}) \times 100$$

$$\% \text{desperdicio} = 0.13\%$$

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO

2.1 Descripción del proceso

El proceso de producción de semi-pila en el departamento de máquinas básicas es un proceso semiautomático. En este departamento las materias primas necesarias son: La mezcla despolarizante que llega del departamento de mezclas, el vaso de zinc que llega del departamento de extrusión, el papel separador, el electrodo de carbón, los papeles para fondo, de compresión y sello, son materiales solicitados a bodega de materiales.

El operador se encarga de cargar la máquina con el vaso de zinc y los papeles: separador, fondo, compresión y sello, así como también el electrodo de carbón. Antes de poner a funcionar la máquina el operador debe revisar que la semi-pila cumpla con los estándares de calidad establecidos para éste departamento:

- El peso de mezcla despolarizante debe estar dentro de los límites establecidos por el departamento de control de calidad.
- La altura de carbón dentro de los límites establecidos.
- La altura de hombro de semipila también dentro de los límites establecidos.

Estos estándares de calidad quedan registrados en una base de datos con los valores de medias y rangos de las mediciones realizadas aleatoriamente a las muestras que se toma de la población de producción, estas mediciones deben realizarse un mínimo de tres veces por turno, éstos datos servirán posteriormente para la verificación por parte del departamento de control de calidad.

Cumplidos estos requerimientos de calidad la máquina es puesta en operación, producto que es enviado al departamento de ensamble mediante una faja transportadora, donde se le coloca el blindaje (parte protectora de la pila), el tubo de cartón, el fondo o base de la pila y el sello de asfalto, luego es enviada en faja transportadora al departamento de empaque donde se le coloca la tapa o cierre de la pila y el sello de garantía, que es cuando el producto está terminado y está pendiente de ser empacado, que se hace mediante bandejas de 24 unidades y luego en cajas de 40 bandejas, donde el producto está listo para ser enviado al departamento de producto terminado (Bodega), listo para la venta.

2.2 Maquinaria y equipo

El conjunto de máquinas existentes para la producción de la pila seca varía dependiendo el departamento donde se lleve el proceso, a continuación se puede observar mediante la tabla I las diferentes máquinas utilizadas en la planta y su función principal.

Tabla I Descripción de la maquinaria utilizada en la planta

Departamento	Maquinaria	Función
Extrusión	Prensas extractoras	Transforma la ficha de zinc en vaso
Extrusión	Cortadores de vaso de zinc	Corta el vaso de zinc según especificaciones de calidad
Máquinas Básicas	Rovacs o máquinas básicas	Realiza el 50% de lo que es una pila seca. En este departamento se le llama semipila.
Ensamble	Formadora de tubo	Corta el tubo de papel que lleva la pila.
Ensamble	Formadora de blindaje	Forma la cubierta de presentación que llevara la pila
Ensamble	Ensambladora	Ensambla semipila, tubo de papel, blindaje y ficha de fondo.
Ensamble	Selladora	Coloca el sello de asfalto
Empaque	Cerradora	Coloca tapa y sello de garantía

Toda la maquinaria es semiautomática y de fácil operación; el personal encargado de operarlas es debidamente capacitado para dicha función con una inducción, cuando inicia una relación de trabajo con la empresa, además la empresa contempla programas de capacitación adecuados para cada departamento de la planta, cada máquina tiene su propio instructivo de uso, el cual es de gran utilidad para operadores, mecánicos, supervisores y todo aquel que necesite información de su uso.

2.3 Manejo de materiales

En el departamento de máquinas básicas los materiales son requeridos a bodega, quien se encarga de distribuirlos a las áreas de trabajo; las requisiciones de dichos materiales se hacen mediante un vale contable siempre que sean necesarios en la producción, éste vale se emite en triplicado, siendo una copia para bodega de materiales, para control de existencia, otra copia para el departamento que lo emite, para control interno de usos de materiales que se estén utilizando y el original para contabilidad, para el control en conceptos de existencias de cada material e inventarios..

El formato de los vales contables de requisición de materiales es de la siguiente manera, según se muestra en la figura 11. En el cual se indica la fecha de requisición, el número de vale que se está emitiendo, esto para fines contables al momento de hacer inventarios, el código del material a solicitar, una descripción breve del material, la cantidad que se está requisando o el peso según sea el caso, además de lo anterior el responsable que recibe los materiales debe firmar el vale respectivo, así también la persona que los entrega.

Figura 11 Formato vale de requisición de materiales

BODEGA DE MATERIALES			
FECHA: <input type="text"/>		No. 00256	
CODIGO	DESCRIPCION DE MATERIALES	CANTIDAD	PESO
Entregado Por _____		Recibido por _____	

2.4 Análisis del personal del departamento

2.4.1 Supervisores

La producción, la calidad y el mantenimiento son tres áreas importantes a cubrir en el departamento, para cada actividad hay un supervisor responsable, quien se encarga de velar que el departamento trabaje eficientemente.

2.4.1.1 Supervisor de producción

Es la persona encargada de que se cumplan los objetivos de producción para cada período, de administrar efectivamente máquinas y materiales a su disposición para alcanzar el nivel de eficiencia establecido en el departamento. Esta persona tiene el grado de Ingeniero Industrial, debido al nivel de conocimientos que se necesitan aplicar en un proceso de producción. Se encarga de requerir materiales necesarios para el proceso, de que el flujo de producción sea ininterrumpido, necesita ser un líder dentro del departamento. Tiene relación directa con los supervisores de calidad y mantenimiento.

2.4.1.2 Supervisor de control de calidad

El Ingeniero Industrial a cargo de ésta área es el responsable de que el producto que en el departamento se realiza cumpla con los estándares de calidad establecidos, que los materiales sean utilizados óptimamente, que el desperdicio generado se encuentre abajo del límite permitido. Es necesario aplicar un criterio amplio en la aplicación del control de calidad.

El supervisor de control de calidad tiene relación directa con los supervisores del mismo departamento para notificar de aquellos sucesos que afecten la calidad del producto y verificar que se corrijan los mismos.

2.4.1.3 Supervisor de mantenimiento

El Ingeniero Mecánico a cargo del área de mantenimiento es el responsable de administrar efectivamente los mecánicos a su cargo para el buen funcionamiento de la maquinaria en el departamento, dirige el mantenimiento correctivo y planifica el mantenimiento preventivo. Es responsable directo de toda la herramienta existente en el taller y de que se cuente con aquellos repuestos indispensables en los mantenimientos a realizar, el contacto directo con los supervisores de producción y calidad del departamento ayuda fundamentalmente al eficiente desempeño del departamento.

2.4.2 Operadores

Son las personas encargadas de mantener en funcionamiento las máquinas básicas, son encargados de la adecuada utilización de las materias primas, maquinaria y equipos dispuestos para su uso, así como la calidad del producto que transforman en su puesto de trabajo, mediante la inspección,

medición y registro de los parámetros establecidos, así como los ajustes que permitan que el producto cumpla con las especificaciones de calidad.

2.4.3 Mecánicos

Tienen la responsabilidad de la corrección de las fallas de la maquinaria, cuando éstas necesiten de cualquier tipo de mantenimiento, así como también de que el producto que transforman cumpla los parámetros establecidos.

2.4.4 Comodines

Son las personas encargadas de alimentar adecuadamente de mezcla despolarizante las máquinas y siguiendo el orden establecido, además de suministrar al operador de las materias necesarias en los puestos de trabajo (papel separador, papel para fondo, papel para compresión, papel para sello y electrodo.

2.5 Jornadas de trabajo

Las jornadas de trabajo según pacto colectivo de condiciones de trabajo establecidas en la empresa se rigen de las siguientes disposiciones:

- **Jornadas ordinarias:**

Las jornadas ordinarias serán continuas, y se ejecutarán de la manera siguiente:

- a. Jornada de trabajo DIURNO que se ejecutan de lunes a Jueves de 06:00 a las 15:00 horas; y el día viernes de las 06:00 a las 14:00 horas;
- b. Jornada ordinaria de trabajo DIURNO que se ejecutan de lunes a viernes de las 06:00 a las 14:00 horas; y un sábado cada dos semanas de las 06:00 a las 14:00 horas.

- c. Jornada de trabajo MIXTA que se ejecutan de lunes a viernes de las 14:00 a las 21:00 horas; y un sábado cada dos semanas de las 07:00 a las 15:00 horas;
- d. Jornada de trabajo NOCTURNO que se ejecutará de lunes a viernes y las primeras 3 horas del día sábado, de las 20:00 horas de un día, a las 03:00 del día siguiente.

Las horas extraordinarias se regularan de la siguiente manera:

- a. Son horas extraordinarias OPTATIVAS, las ejecutadas fuera de los límites de las jornadas de trabajo DIURNO Y MIXTO.
- b. Son horas extraordinarias PROGRAMADAS, las ejecutadas entre las 03:00 y las 07:00 horas.

2.6 Cálculo de la eficiencia en una máquina

El cálculo de eficiencia de una máquina básica en el departamento se obtiene del resultado de la producción real obtenida durante la jornada de trabajo entre la producción estándar esperada, que para obtenerla es necesario saber la capacidad de producción de la máquina. Por ejemplo: en una jornada de trabajo de 9 horas una máquina cuya capacidad de producción es de 109 unidades por minuto nos dio una producción de 48,000 unidades y necesitó cargas de materiales por 15 minutos la eficiencia del día de esta máquina se obtendría de la siguiente manera:

Producción real = 48,000 unidades

Producción estándar esperada = ((9hrs) (60min) – 15 min.) x 109

Producción estándar esperada = (540 min. – 15 min.) x109

Producción estándar esperada = (525 min.) x 109

Producción estándar esperada = 57,225

Eficiencia = (producción real / producción estándar esperada) x 100%

Eficiencia = (48,000 unidades/ 57,225 unidades) x 100%

Eficiencia = 83.88 %

2.6.1 Eficiencia mensual

La eficiencia mensual se obtiene de la sumatoria de las producciones reales diarias de cada máquina dentro de la sumatoria de las producciones esperadas diarias, como por ejemplo: ver tabla II de producciones del mes de diciembre. Durante el cual solamente se trabajaron 6 días del mes.

Tabla II Producciones del mes de diciembre

Fecha	Producción real	Producción esperada
15/12/06	33,000 unidades	57,225 unidades
16/12/06	30,125 unidades	57,225 unidades
18/12/06	34,780 unidades	57,225 unidades
20/12/06	28,565 unidades	57,225 unidades
21/12/06	34,234 unidades	57,225 unidades
22/12/06	25,215 unidades	57,225 unidades
Total	185,829 unidades	343,350 unidades

Al aplicar la fórmula I del capítulo anterior se obtiene que la eficiencia del mes de diciembre es de:

Eficiencia = (producción real/ producción) x 100%

Eficiencia = (185,829 unidades / 343,350 unidades) x 100%

Eficiencia = 54.12%

2.7 Mantenimiento aplicado a la maquinaria

Dentro del departamento de máquinas básicas los encargados del mantenimiento de la maquinaria, aplican principalmente dos tipos de mantenimiento estos son:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo

2.7.1 Mantenimiento correctivo

Es aquel aplicado a la maquinaria, cuando durante la jornada de trabajo sufre algún tipo de desperfecto y es reparada durante el transcurso de la misma, algunos ejemplos de mantenimiento correctivo podemos mencionar los siguientes: cambio de alguna pieza que se quiebra, mal corte de alguno de los papeles, altura del electrodo de carbón fuera de los límites de especificaciones, etc.

2.7.2 Mantenimiento preventivo.

Este mantenimiento como su nombre lo indica, es aplicado con la finalidad de prevenir algún tipo de desperfecto en la maquinaria durante la jornada de trabajo, éste es planificado para realizarse según corresponda, algunos ejemplos de mantenimiento preventivo son los siguientes: cambio de alguna pieza por cumplir con su tiempo de vida útil, aquellos cambios de piezas durante vacaciones o paros de producción de la maquinaria, calibraciones, ajustes, limpiezas, lubricaciones, etc.

2.8 Desperdicio

2.8.1 Sistema que se utiliza

El desperdicio generado por una máquina básica para efectos de cálculos de usos, se toma en cuenta principalmente el de semipila, ya que al rechazar una semipila como mala se está desperdiciando: mezcla despolarizante, electrodo de carbón, papel separador, papel de fondo, papel de sello y papel de compresión, una semipila pudo haber sido rechazada por amperaje bajo, voltaje bajo o por semipila golpeada. Este desperdicio es recopilado y contado al final de la jornada por el operador de la máquina, dato que posteriormente es anotado por el supervisor del área para fines de producción y fines contables, este desperdicio siempre debe ser el mínimo posible.

2.8.2 Índice de desperdicio por máquina

El índice de desperdicio se calcula individualmente para cada máquina en particular y se obtiene dividiendo el desperdicio durante la jornada de trabajo dentro de la producción total de la máquina correspondiente, por ejemplo: una máquina cuya producción total durante lo jornada fue de 57,200 unidades y tuvo pérdidas de 85 unidades, el índice de desperdicio es el siguiente:

$$\% \text{desperdicio} = (\text{desperdicio} / \text{producción total}) \times 100$$

$$\% \text{desperdicio} = (32 / 57,200) \times 100$$

$$\% \text{desperdicio} = 0.15\%$$

2.8.2.1 Índice de desperdicio mensual

Este porcentaje de desperdicio es el que se calcula al final de cada mes en general para todo el departamento, este porcentaje debe ser menor o igual que 0.35%, se obtiene mediante la suma de todo el desperdicio durante el mes dentro la suma de la producción de todo el mes. Por ejemplo, si en el

departamento hay dos máquinas en producción durante 6 días de un mes como se puede ver en la tabla III los datos de éstas máquinas, el porcentaje de desperdicio es el siguiente:

Tabla III Producción y desperdicio mes de diciembre

Fecha	Máquina 1		Máquina 2	
	Producción	Desperdicio	Producción	Desperdicio
4-dic-06	57,200	125	55,142	112
5-dic-06	45,325	102	43,568	145
6-dic-06	42,125	80	44,368	150
7-dic-06	38,158	75	41,590	79
8-dic-06	47,365	92	41,215	83
9-dic-06	49,850	88	42,200	100
Total	280,023	562	268,083	669

$$\% \text{desperdicio} = (\text{suma de desperdicio} / \text{suma de producción}) \times 100$$

$$\% \text{desperdicio} = (562 + 669 / 280,023 + 268,083) \times 100$$

$$\% \text{desperdicio} = (1231 / 548,106) \times 100$$

$$\% \text{desperdicio} = 0.22\%$$

2.9 Paros en máquina

Durante toda jornada en determinados momentos una máquina en producción sufre algún tipo de paro, éste puede ser por dos principales causas:

- Paro mecánico
- Paro automático

2.9.1 Paros mecánicos

Estos paros se sufren cuando alguna máquina necesita alguna reparación por mantenimiento ya sea preventivo o correctivo, se toma el tiempo durante el cual la máquina estuvo fuera de producción.

2.9.2 Paros automáticos

Estos paros son los que ocurren en la máquina cuando se activa alguno de los diferentes sensores que posee. Cada máquina posee su tablero principal y es aquí donde indica el paro automático que haya tenido, éstos pueden ser: por falta de papel separador o de papel de fondo, por falta de papel de compresión, por falta de electrodo de carbón, paro por papel de sello, por falta de mezcla y paro por falta de vaso o vaso volteado.

2.10 Análisis de resultados al final del período

2.10.1 ¿Qué es un período?

Un período es un lapso de tiempo determinado, puede ser semanal, mensual o anual, en nuestro caso se utiliza principalmente el periodo mensual y el anual los cuales sirven para obtener los resultados obtenidos en esos lapsos tanto de producción, eficiencia y desperdicio. Estos resultados deben haber alcanzado el objetivo que se haya propuesto.

2.10.2 Resultados mensuales

Son los resultados obtenidos durante un mes de trabajo, durante este periodo se deben obtener los datos de: porcentaje de eficiencia, porcentaje de desperdicio y el nivel de producción. Los resultados deben ser iguales o mejores que los porcentajes objetivos, ya que de alcanzarlos se está siendo productivo, que es lo que se desea alcanzar siempre. Los objetivos se muestran en la tabla IV.

Tabla IV Objetivos mensuales

	Objetivo del mes
Porcentaje de eficiencia	73%
Porcentaje de desperdicio	0.35%
Producción mensual	según pronósticos

3. PROPUESTA DE MEJORA

3.1 Control de materia prima

Para que un proceso trabaje adecuadamente es fundamental contar con la mejor materia prima disponible. Para el departamento de máquinas básicas las materias primas son fundamentales en el proceso, el supervisor de control de calidad debe verificar las condiciones óptimas de la materia prima controlando en cada una de ellas los siguientes aspectos.

- Mezcla despolarizante: Debido a que el proceso de la mezcla contiene tanto agua como una solución química líquida, la mezcla debe contar con la humedad adecuada para no provocar problemas en la graduación del peso ni en la compactación de la misma, esto evitará problemas de paros por mezcla de mala calidad.
- Papel Separador: Este material debe presentarse en las mejores condiciones, debe verificarse que no presente dobleces en el entorno, que no tenga perforaciones, que no haya sido afectado por la humedad del ambiente en la época de invierno. Evitando estos defectos se evitará: el aumento del desperdicio, paros innecesarios en la máquina y reparaciones en la máquina.
- Vaso de Zinc. Éste es producido en el departamento de extrusión y transportado a nuestro departamento, por lo que la verificación es secundaria y debe verificarse el corte adecuado del vaso y la altura especificada especialmente, esto evitará problemas en la producción de la semipila en si, ya que los problemas se darán post-producción de máquinas básicas.

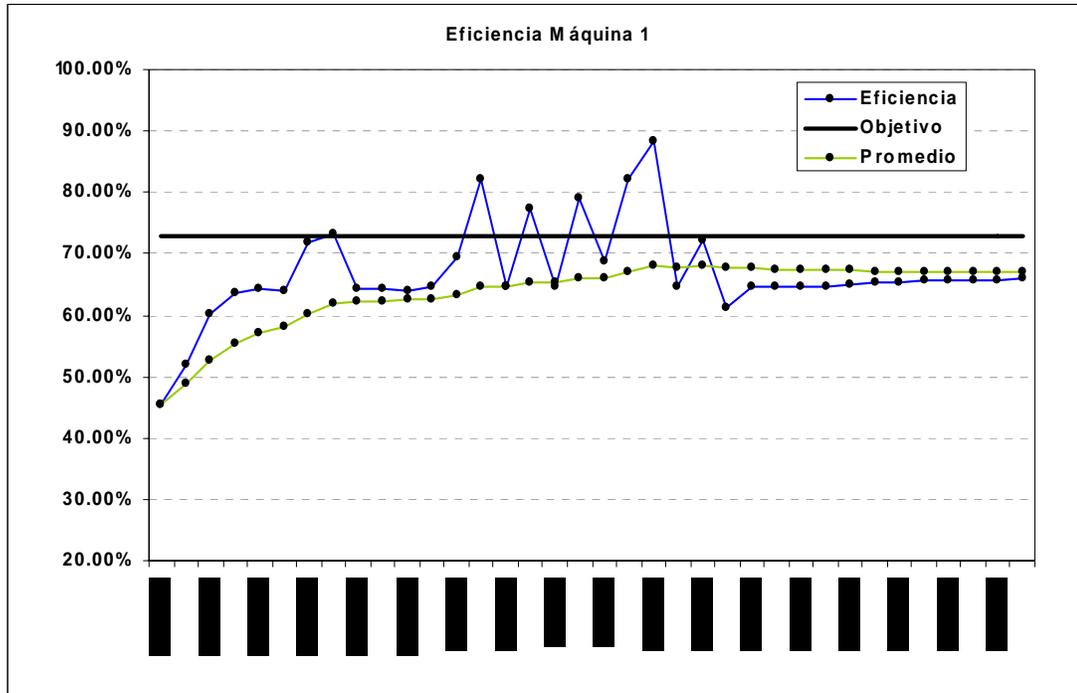
- Papel para fondo, compresión y sello. En estos materiales debe verificarse primordialmente el ancho respectivo del material, esto evitará problemas en los neumáticos, específicamente si el papel está más ancho del establecido.
- Electrodo de carbón. Generalmente esta materia prima cumple con la calidad requerida para trabajar, los problemas por mala calidad de electrodo de carbón son casi nulas.

3.2 Análisis y control de la eficiencia

3.2.1 Control de la eficiencia

El control de eficiencia en cualquier línea de producción debe ser constante, ya que, cualquier problema inesperado ocasiona ineficiencia en la línea, por lo tanto, se debe estar atento y actuar inmediatamente para resolver los inconvenientes presentados. Para la línea de producción en análisis, en el departamento se cuenta con un programa de computadora, el cual actualiza cada 15 minutos el comportamiento de la eficiencia de la máquina que se encuentre trabajando, proporciona además la producción acumulada a la hora actual, así también muestra como trabajó la máquina durante los últimos 15 minutos. Este programa se debe utilizar como herramienta indispensable para mantener el objetivo de eficiencia trazado para la línea. Como primer punto importante se debe analizar la eficiencia con la que arranca la máquina, porque un arranque con baja eficiencia conlleva a que hay problemas en la máquina, por el contrario una de arranque alta indica que la máquina esta en buen funcionamiento. Al analizar constantemente durante la primera hora de trabajo el comportamiento que ha desarrollado la máquina, dará la pauta de cómo se desenvolverá el trabajo de la máquina el resto de la jornada, una eficiencia baja al inicio da como resultado ir contra la corriente, obteniendo perdidas de producciones esperadas, tiempos muertos por mantenimiento correctivo y por todo esto ser improductivos. Ver figura 12 de comportamiento de Eficiencia.

Figura 12 Eficiencia en un máquina.



3.2.2 Análisis por día

Tomando como base el programa existente de eficiencia, el supervisor de producción se encargará del control del comportamiento de la eficiencia en esta línea de producción, deberá estar pendiente continuamente de los porcentajes de eficiencias alcanzados, para que al final de la jornada de trabajo del día, tome en cuenta las causas de ineficiencias que se presentaron en la producción del día respectivo. Analizará cuales fueron las mayores causas que ocasionaron paros en la línea de producción, si son causas internas o externas, si son por causas de problemas del tipo de mantenimiento que se está aplicando en la maquinaria del departamento, etc. A todo problema que se presente, actuar con la solución posterior y su evaluación respectiva que permita no caer en los mismos problemas en producciones futuras.

3.2.3 Análisis por semana

Este análisis es más completo ya que tratará en conjunto los problemas de la línea de producción de toda una semana, por lo que, se contará con mayor información, para ello se necesitará primordialmente con la colaboración del operador de la máquina respectiva, para que lleve registro de las causas que ocasionaron paros en la línea, con ésta información el supervisor de producción deberá representar gráficamente los datos obtenidos: gráfica diaria de eficiencia, gráfica semanal de causas de paros en la línea de producción, con toda esta información se debe tomar las medidas de acción que permitan solucionar los problemas que se presentaron en la semana en análisis y evitarlos en la semana posterior.

3.2.4 Análisis por mes

Para este análisis se toman los resultados finales de un período de producción, éstos resultados indican los logros obtenidos, por lo que mediante la información del mes, dará las pautas a mejorar en el siguiente período. Ayudará al logro de los objetivos propuestos con anterioridad, mejorar continuamente mediante los datos obtenidos, ya que se contará con información importante referente al desempeño del departamento. Se contará con gráficas semanales de eficiencia, con gráficas que muestren las causas de paros a la línea de producción.

3.3 Análisis de paros mecánicos

Para un mejor control de la línea de producción se tomarán como un rubro separado los paros por causas mecánicas, éstos serán anotados diariamente por el operador encargado de la máquina, mediante un formato especial, creado para tales anotaciones. El formato se muestra en la figura 13. Al final de la jornada, de la semana y del mes el supervisor de producción tomará los datos para su respectivo análisis, conclusión y mejoras a realizar.

Figura 13 Formato para recopilación de paros mecánicos.

Departamento de
producción
Máquinas básicas
Hoja de control de paros
mecánicos

MÁQUINA No.

Fecha	Nombre del operador	Hora en que para la máquina	Hora en que llega mecánico	Hora en que termina reparación	Tipo de reparación realizada

3.3.1 Representación gráfica de paros mecánicos

En esta sección se procederá a procesar la información obtenida por parte del operador, respecto a los paros mecánicos que sufrió la máquina durante las jornadas de producción, para estos análisis se utilizará el diagrama de Pareto, puesto que esta gráfica es ideal para mostrar la causa de los mayores problemas que se tienen en los paros mecánicos en una máquina.

3.3.1.1 Recopilación de datos de paros mecánicos

Partiendo de los datos anotados por el operador de la máquina en el formato de la figura 13 se procederá a recopilar la información y a ordenar los datos en una tabla como se muestra en la tabla V. En la misma se anotarán los reportes en orden descendente respecto a la causa que mayor tiempo estuvo parada la máquina.

Tabla V Recopilación de datos de paros mecánicos

Reportes	T (min.)
Falta de vaso	610
Ajustes en electrodo	70
Ajuste en papel para sello	55
Ajuste en peso	45
Golpe en semipila	30
Ajuste de papel separador	25
Problema en departamento siguiente	25
Ajuste en altura de papel separador	10
Total	870

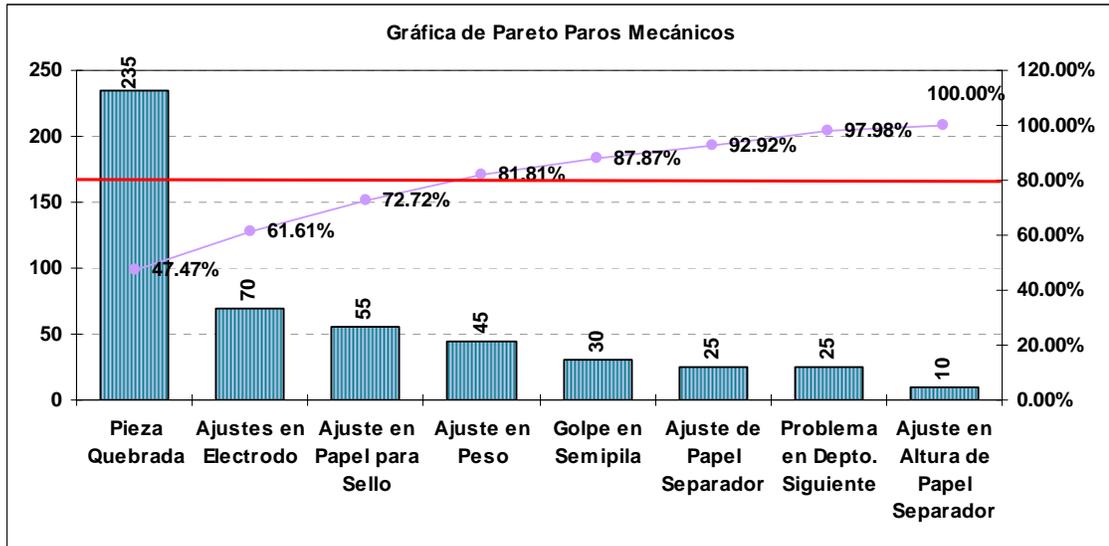
3.3.1.2 Gráfica de Pareto de paros mecánicos

Con los datos ordenados como se mostró en la tabla V se realizarán los cálculos respectivos para la obtención de la gráfica de Pareto. En la tabla VI se muestran los cálculos realizados, en la tercera columna se calcula el porcentaje que corresponde para cada causa del total del tiempo y en la columna cuatro se calcula el porcentaje acumulado, seguidamente se grafican estos datos como se muestra en la figura 14.

Tabla VI Cálculos para la obtención de la gráfica de Pareto

Reportes	T (min.)	%paro	%acum.
Pieza quebrada	235	47.47%	47.47%
Ajustes en electrodo	70	14.14%	61.61%
Ajuste en papel para sello	55	11.11%	72.72%
Ajuste en peso	45	9.09%	81.81%
Golpe en semipila	30	6.06%	87.87%
Ajuste de papel separador	25	5.05%	92.92%
Problema en departamento siguiente	25	5.05%	97.98%
Ajuste en altura de papel separador	10	2.02%	100.00%
Total	495	100.00%	

Figura 14 Gráfica de Pareto de paros mecánicos



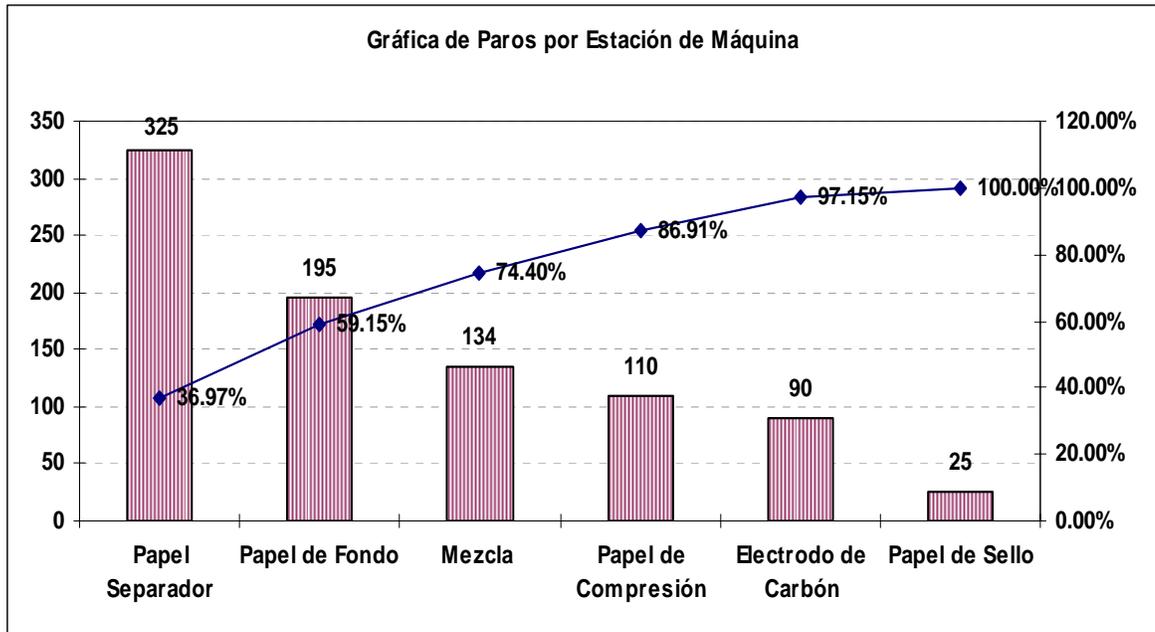
3.3.1.3 Gráfica de paros por estación de máquina

Esta gráfica presentará información detallada de los paros que se dieron en cada una de las estaciones que tiene cada máquina con la finalidad de detectar específicamente en que zonas ocurren mayor cantidad de paros, ésta gráfica se presenta en la figura 15 obtenida de los datos y cálculos presentados en la tabla VII.

Tabla VII Datos de paros mecánicos por estación de la máquina

Reportes	T (min.)	%paro	%acumulado
Papel separador	325	36.97%	36.97%
Papel de fondo	195	22.18%	59.15%
Mezcla	134	15.24%	74.40%
Papel de compresión	110	12.51%	86.91%
Electrodo de carbón	90	10.24%	97.15%
Papel de sello	25	2.84%	100.00%

Figura 15 Paros mecánicos por estación de máquina



3.3.1.4 Mejoras basadas en los datos gráficos

Luego de haber graficado toda la información recabada, respecto a los paros que ocurrieron en la máquina, podemos sacar conclusiones en las cuales trabajar para mejorar en el siguiente período, por ejemplo, veamos la figura 14, la cual nos indica que nuestras causas mayores de paros se debieron a piezas quebradas y a los ajustes en el carbón, por lo que, algunas acciones a tomar pudiera ser:

- hablar con el departamento de bodega de repuestos ver la posibilidad de mejorar algunos repuestos relacionados con las piezas quebradas.
- Verificar si se está aplicando la lubricación adecuada a las piezas mecánicas
- Verificar sino hay excesivo ajuste en las piezas.

Respecto a los ajustes al carbón se podría:

- Verificar con el departamento de control de calidad los límites específicos para esta estación de la máquina.

En la figura 15 se indica que las estaciones con mayor número de paros fueron la de papel separador y la de papel de fondo.

Analizando las causas de paros por papel separador su puede comenzar por:

- Verificar el filo de la pieza que corta el papel, puede ser que no esté lo suficientemente afilada.
- Verificar la humedad del papel sí se encuentra dentro de los rangos permitidos.
- Verificar el lote de papel que se está utilizando, puede ser que sea muy antiguo.

Respecto al análisis por la causa del papel de fondo, se podría:

- Verificar sí se esta cumpliendo con el mantenimiento preventivo a los cortadores de papel de fondo.
- Verificar las dimensiones y especificaciones del papel de fondo si cumple con las establecidas por control de calidad.

3.4 Análisis de paros automáticos

3.4.1 Paro automático en una máquina básica

Una máquina básica cuenta con un sistema de sensores antes y después de realizar una operación, esto con lo finalidad de evitar producto malo que ocasione perdidas, en el panel de control de la máquina indica la causa de paro que sufre la máquina y el tiempo de paro hasta que la máquina se pone en marcha nuevamente los paros en que puede incurrir un máquina son:

- Paro por vaso de zinc
- Paro por papel separador
- Paro por papel de fondo
- Paro por mezcla
- Paro por bajo peso de mezcla
- Paro por papel de compresión
- Paro por electrodo
- Paro por papel de sello
- Paro por guías

3.4.2 Recopilación de datos de paros automáticos

Para encontrar causas ineficientes en el sistema es conveniente verificar los paros automáticos de la maquinaria, con el fin de reducirlos al mínimo posible. Al final de cada jornada de trabajo el operador se encargará de recopilar, tanto la frecuencia de paros, así como también, el tiempo total de paros, para obtener ésta información se le proporcionará al operador cada semana una hoja de paros mecánicos, tal como se muestra en la figura 16, que es el formato a utilizar.

El formato de paros mecánicos permitirá recabar información para su posterior presentación gráfica para darle el análisis que merece y proponer soluciones que conlleven a mejorar en la producción final de cada jornada.

Figura 16 Hoja de paros automáticos

Rayovac Guatemala, S. A.

Reporte semanal de paros automáticos

Semana del ____ al ____ de _____ de 200 ____.

Lunes

Causa	Frecuencia	Tiempo
Mezcla		
Liner		
Carbón		
Guías		
Vaso		
Bajas		
Sello		
Fondo		
Compresión		
Producción:		
Eficiencia:		
Desperdicio:		

Martes

Causa	Frecuencia	Tiempo
Mezcla		
Liner		
Carbón		
Guías		
Vaso		
Bajas		
Sello		
Fondo		
Compresión		
Producción:		
Eficiencia:		
Desperdicio:		

Miércoles

Causa	Frecuencia	Tiempo
Mezcla		
Liner		
Carbón		
Guías		
Vaso		
Bajas		
Sello		
Fondo		
Compresión		
Producción:		
Eficiencia:		
Desperdicio:		

Jueves

Causa	Frecuencia	Tiempo
Mezcla		
Liner		
Carbón		
Guías		
Vaso		
Bajas		
Sello		
Fondo		
Compresión		
Producción:		
Eficiencia:		
Desperdicio:		

3.4.3 Representación gráfica de paros automáticos

La información del formato de la figura 16 será llenada por el operador de la máquina al final de cada jornada, cada semana el supervisor de producción se encargará de registrar los datos de frecuencias en el formato que se muestra en la tabla VIII y los datos para los tiempos de paros en la tabla IX, para luego obtener las gráficas respectivas.

Tabla VIII. Datos de frecuencias de paros automáticos

AGOSTO								
Frecuencia	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>V</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	TOTAL
Descripción	16	17	18	19	20	23	24	
Mezcla	2	3	10	0	1	2	6	24
Liner	26	30	26	57	20	70	17	246
Carbón	13	21	5	4	13	9	6	71
Guías	79	15	36	62	41	29	27	289
Vaso	20	44	14	15	5	6	2	106
Bajas	2	4	1	0	1	2	1	11
Sello	8	14	22	15	3	5	6	73
Fondo	1	8	8	4	1	7	14	43
Compresión	6	16	15	4	2	9	3	55

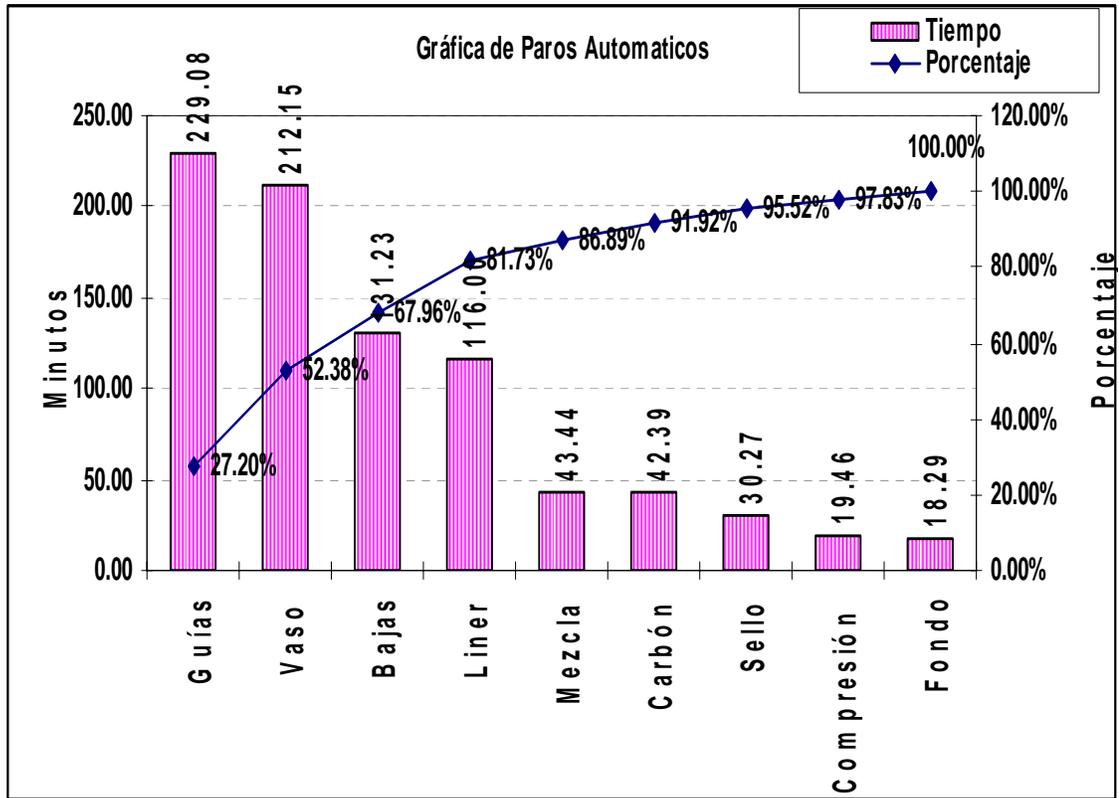
Tabla IX. Datos de tiempos de paros automáticos

	AGOSTO							
Tiempo	16	17	18	21	22	23	24	TOTAL
Mezcla	0:00:58	0:00:19	0:02:44	0:00:00	0:00:06	0:00:32	0:39:05	0:43:44
Liner	0:20:58	0:30:39	0:12:11	0:20:48	0:01:30	0:21:17	0:08:37	1:56:00
Carbón	0:16:05	0:14:32	0:00:48	0:01:12	0:01:22	0:06:57	0:01:43	0:42:39
Guías	0:51:48	0:10:43	0:15:15	0:38:48	0:01:18	0:56:55	0:54:21	3:49:08
Vaso	0:37:55	1:05:25	0:43:07	0:26:17	0:19:53	0:11:54	0:07:44	3:32:15
Bajas	0:00:27	0:01:57	2:04:44	0:00:00	0:00:16	0:03:16	0:00:43	2:11:23
Sello	0:07:49	0:05:29	0:06:26	0:06:20	0:00:29	0:03:24	0:00:30	0:30:27
Fondo	0:01:15	0:01:04	0:04:35	0:03:58	0:00:06	0:02:55	0:04:36	0:18:29
Compresión	0:00:43	0:04:14	0:06:50	0:00:47	0:01:29	0:04:11	0:01:32	0:19:46

3.4.3.1 Gráfica de Pareto de paros automáticos

Con la información tabulada de los paros automáticos obtenemos la gráfica de pareto, con la cual obtenemos la información para analizar las causas que ocasionaron mayores problemas durante la semana y con esto tratar de evitarlos en el siguiente periodo de trabajo. La gráfica se muestra a continuación.

Figura 17 Gráfica de tiempos de paros automáticos

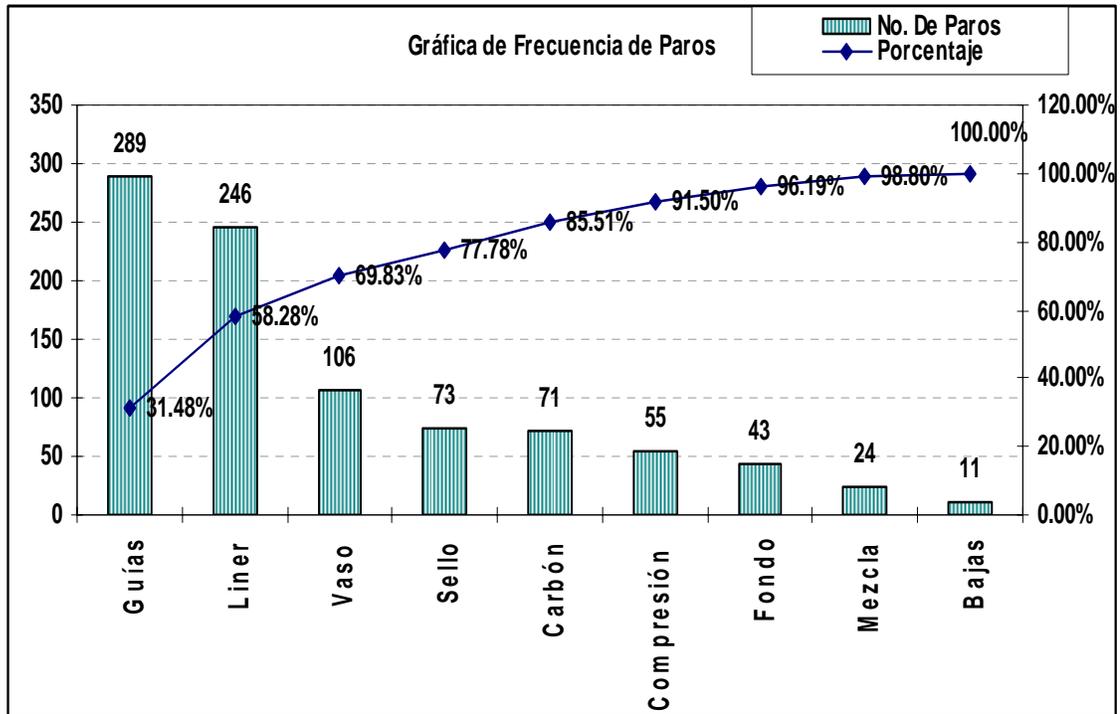


3.4.3.2 Gráfica de frecuencia de paros

La información de la tabla VIII, permite obtener la gráfica de frecuencias de paros que indican el número de veces que paró la máquina en la semana y el porcentaje que esto representa del total de los paros y así actuar sobre las causas con mayores problemas.

La figura 18 muestra los resultados de frecuencias de paros durante una semana de análisis, ésta gráfica contiene todas las causas por las que se puede dar un paro automático, el porcentaje de paro que representa cada causa, como se ve la gráfica permite determinar donde se está obteniendo los mayores inconvenientes y sobre ellos deber actuar.

Figura 18 Gráfica de frecuencia de paros automáticos



3.4.3.3 Mejoras Basadas en los Datos Gráficos

Se partirá analizando la gráfica de frecuencia de paros ya que reduciendo la cantidad de paros así reducirán también el tiempo de los mismos, por lo que, de la figura 18 tenemos que las mayores causas de paros automáticos se ocasionaron por guías y por papel separador, necesitando entonces actuar sobre estos aspectos, por ejemplo se podrían tomar las siguientes acciones:

- ver el ajuste en las guías, verificar si se han sufrido desgaste lo que probablemente este ocasionando estos paros.
- verificar si la altura del corte del papel está en la medida adecuada ya que una altura menor puede ocasionar que se den estos paros por papel separador.

Luego de analizar la gráfica de frecuencia se estudiará la de tiempos de paros, ya que también nos dará la pauta de constatar si dichos paros se ajustan

a la causa que lo originó o que simplemente haya una mala desactivación por parte del operador al momento de poner en marcha nuevamente la máquina, analizando la figura 17 se nota que la causa que mayor tiempo de paro ocasionó fue por guías, lo que en parte tiende a ser lógico ya que la frecuencia de paros también se debió por la misma causa, sin embargo la segunda causa se debió a paros por falta de vaso, acá podemos pedir la colaboración de mantenimiento para que comience por verificar el recorrido del vaso desde el depósito hasta la entrada de la máquina, ya que se puede dar el caso de que los sistema de control del vaso no se encuentren funcionando en buenas condiciones lo que al entrar en la máquina ocasione éstos paros innecesarios.

3.5 Análisis del índice de desperdicio

Uno de los factores importantes en todo proceso productivo son los insumos, el máximo aprovechamiento ayuda a mejorar el nivel de productividad. Por lo que el análisis del desperdicio debe ir conjuntamente con el análisis que se le da a la eficiencia, ya que una baja eficiencia podría estar causando exceso de desperdicio y con ello elevados porcentajes de desperdicio de materiales.

En el departamento de Máquinas Básicas el desperdiciar una semipila conlleva una serie de materiales desperdiciados, el papel separador, la mezcla despolarizante, el electrodo de carbon, los papeles de sello, fondo y compresión, sin dejar de mencionar el factor tiempo y el factor mano de obra. Materiales que representan un rubro importante económico dentro del proceso.

Para alcanzar el mínimo porcentaje de desperdicio se tomarán acciones que eviten desperdicios, se recopilará los datos de desperdicio por parte del operador que permitan obtener un porcentaje exacto, se analizarán causas y por último se tomarán las acciones que ayuden a evitar el desperdicio.

3.5.1 Recopilación de datos de desperdicio

Como punto de partida para el análisis del desperdicio se comenzará por la recopilación de los datos que ocasiona la máquina durante cada jornada, para ésta actividad es necesaria la participación activa del operador, actuando inmediatamente cuando vea incrementos del desperdicio, para el control se llevará un formato como el que se muestra en la figura 19, donde diariamente se anotará el desperdicio al final de la jornada.

Figura 19 Formato recopilación del desperdicio

FECHA:	SEMANA DEL 8 AL 12 DE ENERO					MAQUINA No.
	LUNES 8	MARTES 9	MIERCOLES 10	JUEVES 11	VIERNES 12	TOTAL
DESPERDICIO MAQUINA						
DESPERDICIO POR MANTENIMIENTO						
TOTAL						

Al finalizar la semana de trabajo el supervisor responsable se encargará de retirar el formato para su posterior análisis semanal.

3.5.2 Cálculo del índice de desperdicio

El índice de desperdicio se obtiene mediante la razón entre el desperdicio generado por la máquina y la producción obtenida durante la jornada de trabajo. Como por ejemplo, una máquina que produjo durante su jornada de trabajo 45,234 unidades y ocasionó un desperdicio de 68 unidades el índice de desperdicio se obtiene de la siguiente manera:

$$\% \text{desperdicio} = (68/45,234) * 100$$

$$\% \text{desperdicio} = 0.15\%$$

3.5.3 Diagrama de Pareto para el análisis del desperdicio

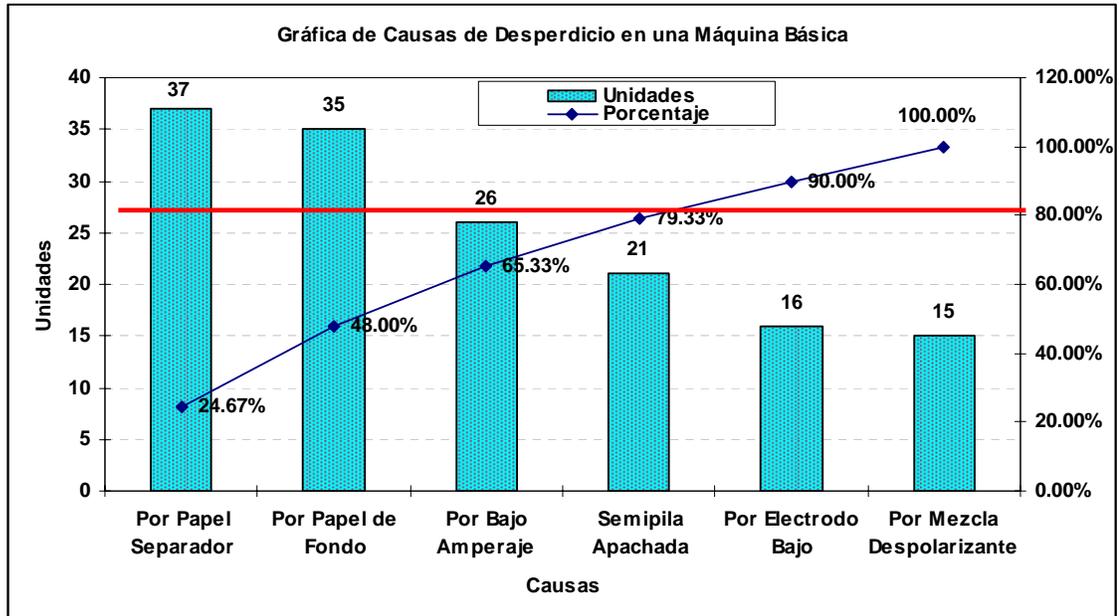
Para obtener ésta gráfica es necesario analizar el desperdicio que ocasionó la máquina, esto se hará un vez por semana por el supervisor de control de calidad, mediante la recopilación de una muestra del total del desperdicio ocasionado por la máquina en la jornada, con esta muestra se procederá a analizar una por una las unidades defectuosas y determinar cual fue la causa que produjo el desperdicio, por ejemplo en la tabla X se anotaron los datos obtenidos del análisis del desperdicio de una muestra de 150 unidades.

Tabla X. Causas de desperdicio Según Muestreo.

	Unidades	Porcentaje	Acumulado
Por papel separador	37	24.67%	24.67%
Por papel de fondo	35	23.33%	48.00%
Por bajo amperaje	26	17.33%	65.33%
Semipila apachada	21	14.00%	79.33%
Por electrodo bajo	16	10.67%	90.00%
Por mezcla despolarizante	15	10.00%	100.00%
	150	100.00%	

Con los datos obtenidos en la tabla X se obtiene la gráfica de pareto de esta información con la cual se puede obtener las conclusiones y actuar sobre estas, la figura 20 muestra estos resultados gráficamente.

Figura 20 Gráfica de causas de desperdicio.



3.5.4 Acciones a tomar según gráfica de desperdicio

Según la figura 20 se puede concluir, que las mayores causas de desperdicio se deben por papel separador, por papel de fondo, por amperaje bajo y por pila apachada, por lo que es necesario actuar sobre estas cuatro causas que son las principales. Se debe comenzar estudiando que mejoras se puede hacer en la estación de papel separador que representa la causa principal del desperdicio, se puede verificar los mantenimientos de ésta estación, los cortadores del papel son de buen material, si están cumpliendo con la vida útil esperada o posiblemente el problema lo ocasione la siguiente estación a la colocación del papel separador, quizás en la estación de mezcla, ya que también se tiene la causa de desperdicio por bajo amperaje, por lo que podría estar dándose el caso de que el molde este mal colocado y esto cause daños al papel separador y por consiguiente desperdicio.

En la causa de desperdicio por papel de fondo, puede darse que el cortador este necesitando filo antes del programado por lo que se debe comenzar viendo la vida útil antes del cambio o programar con anterioridad a la llegada de su vida útil para así evitar los paros en horarios de producción evitando tanto los paros en la línea, así como también el aumento del desperdicio.

Por último, se tiene el desperdicio por pila bajo amperaje y por pila apachada, con respecto a la primera se debe verificar que el operador esté atento al cambio de mezcla despolarizante ya que esto podría darse que al cambio de mezcla necesite un ajuste en el peso de mezcla y que no se este realizando en el tiempo debido, con respecto al desperdicio por pila apachada, solo se puede dar por mal ajuste en las guías tanto fijas como móviles, será necesario programar una revisión de las mismas y los ajustes necesarios.

5. SEGUIMIENTO A LA PROPUESTA DE MEJORA

5.1 Análisis de la eficiencia de la línea de producción

Hasta el momento el análisis se ha centrado específicamente para una sola máquina del departamento, pero para llegar a ser productivos la eficiencia general de la línea debe alcanzar los objetivos propuestos, es por ello que, con la aplicación del control realizado a una máquina en especial, nuestro paso siguiente es darle la aplicación al resto de las máquinas que componen el departamento, así como también a la línea en general.

5.1.1 Eficiencia de cada máquina

El objetivo de eficiencia para toda la línea, no depende del número de máquinas, así es que el objetivo sigue siendo el mismo siempre 75%, por lo que las herramientas aplicables para una máquina serán de utilidad para el resto de máquinas en conjunto, con la atención puesta en cada momento a todas las máquinas, para un control ordenado de los aspectos que se deben considerar para el control general se tomaran los siguientes:

- Control en la gráfica general de eficiencia de la línea de producción similar a la figura 12 del capítulo tres, donde cada 15 minutos nos indica a que eficiencia está trabajando la línea completa.
- Controlar individualmente la eficiencia de cada máquina para ponerle atención a aquella máquina que presente tendencia de bajar su porcentaje.

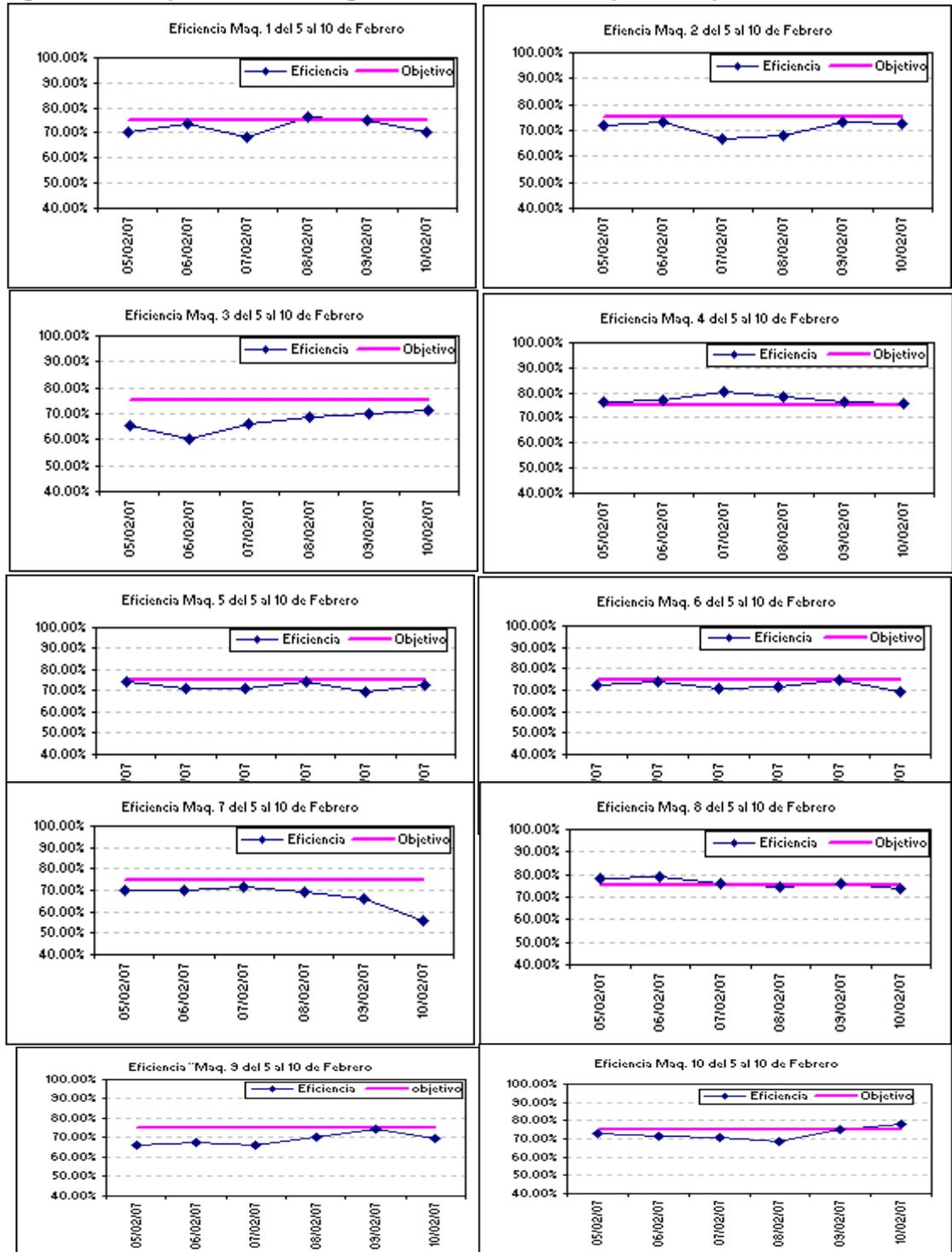
- Estar pendientes de los trabajos de mantenimiento correctivo que se le esté aplicando a determinada máquina, para que en comunicación con el supervisor de mantenimiento se tenga la pronta reparación de la maquinaria.
- Llevar el control gráfico de eficiencia de cada máquina al final de la jornada de trabajo, con el propósito de saber que tanto se logra en el alcance del objetivo para el fin de período, tal como se muestran los datos de la tabla XII y las respectivas gráficas de estos datos en la figura 26.

Tabla XII Eficiencia diaria por máquina

Máquina No.	Tabla de eficiencia diaria de máquinas					
	05-feb	06-feb	07-feb	08-feb	09-feb	10-feb
Máq. 1	70.50%	73.80%	68.30%	76.40%	75.10%	70.30%
Máq. 2	72.10%	73.40%	66.50%	68.30%	73.00%	72.40%
Máq. 3	65.30%	60.40%	66.30%	68.40%	70.20%	71.10%
Máq. 4	76.50%	77.30%	80.40%	78.30%	76.40%	75.40%
Máq. 5	74.50%	71.30%	70.90%	74.60%	69.50%	73.20%
Máq. 6	72.10%	74.30%	70.90%	71.30%	74.50%	69.40%
Máq. 7	69.80%	70.30%	71.40%	69.40%	66.20%	55.50%
Máq. 8	78.50%	79.30%	76.10%	74.30%	75.80%	73.50%
Máq. 9	66.50%	67.80%	66.30%	70.10%	74.30%	69.40%
Máq. 10	73.10%	71.20%	70.50%	68.50%	75.30%	77.70%
Eficiencia ínea	71.89%	71.91%	70.76%	71.96%	73.03%	70.79%

Para cada una de las máquinas es necesaria la representación gráfica, para un mejor control, éstas se presentan en la figura siguiente:

Figura 26 Representación gráfica de eficiencia por máquina



5.2 Análisis del desperdicio en el departamento

Los resultados de altos porcentajes de eficiencia en la línea de producción deben ir de la mano de los bajos índices de desperdicio de cada máquina, por lo tanto, al igual que en la eficiencia hay que centrarse en la totalidad de máquinas que se encuentren trabajando en la línea, lo mismo se debe hacer con el porcentaje de desperdicio, controlándolo globalmente, ya que el objetivo sigue siendo el mismo a alcanzar que es del 0.30%.

Al igual que para el control de la eficiencia se anotaron puntos importantes a seguir para obtener los resultados deseados, lo mismo debe hacerse para el control del desperdicio, de la siguiente manera:

- Primero que nada debe nombrarse un responsable, quien será el encargado directo de controlar los niveles de desperdicio de las máquinas, esta persona, será el supervisor de control de calidad, él velará que no se sobrepase el objetivo del período.
- Contar con la colaboración de los operadores de la maquinaria para que tomen la responsabilidad que les corresponde en el buen uso de los materiales, informando de manera oportuna al supervisor, cuando el desperdicio se salga fuera del límite establecido.

5.2.1 Desperdicio de cada máquina

Para un mejor control y para que el objetivo se mantenga dentro del establecido es importante llevar el registro de desperdicio de cada máquina, diariamente, al finalizar la jornada, ésto con la finalidad de que se pueda mejorar o mantener los resultados del día anterior, con los resultados tabulados diariamente, como se muestra en la tabla XIII, se procederá a obtener la gráfica de cada máquina, prestándole atención a aquellas cuyo desperdicio se

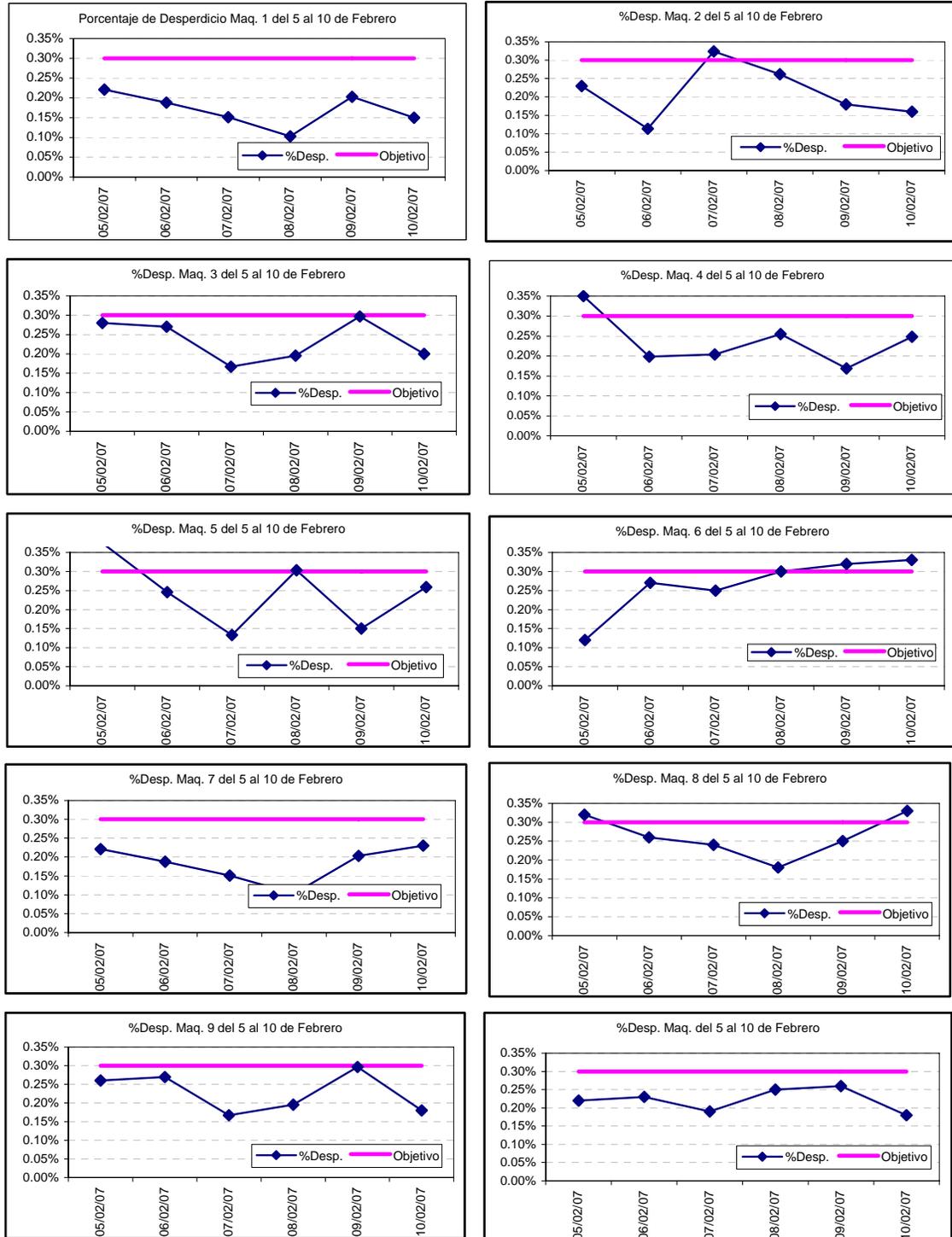
encuentre fuera de control, con la finalidad de estabilizar y reducir dicho porcentaje, las gráficas de la tabla XIII se muestran en la figura 27.

Esta información graficada se debe de transmitir a los operadores, para que tengan el conocimiento, de los niveles de desperdicio que estén generando, y así poder contar con su compromiso de colaboración, de apoyar en lo que se encuentre en sus posibilidades. A continuación la tabla de datos de desperdicio y las gráficas respectivas.

Tabla XIII Porcentajes de desperdicio diario por máquina.

Máquina No.	Tabla de eficiencia diaria de máquinas					
	05-feb	06-feb	07-feb	08-feb	09-feb	10-feb
Máq. 1	0.22%	0.19%	0.15%	0.10%	0.20%	0.15%
Máq. 2	0.23%	0.11%	0.32%	0.26%	0.18%	0.16%
Máq. 3	0.28%	0.27%	0.17%	0.20%	0.30%	0.20%
Máq. 4	0.35%	0.20%	0.20%	0.25%	0.17%	0.25%
Máq. 5	0.37%	0.25%	0.13%	0.30%	0.15%	0.26%
Máq. 6	0.12%	0.27%	0.25%	0.30%	0.32%	0.33%
Máq. 7	0.22%	0.19%	0.15%	0.10%	0.20%	0.23%
Máq. 8	0.32%	0.26%	0.24%	0.18%	0.25%	0.33%
Máq. 9	0.26%	0.27%	0.17%	0.20%	0.30%	0.18%
Máq. 10	0.22%	0.23%	0.19%	0.25%	0.26%	0.18%
Desp. Total	0.26%	0.22%	0.20%	0.21%	0.23%	0.23%

Figura 27 Representación gráfica de desperdicio por máquina.



Mediante estas gráficas se puede ver claramente el comportamiento que tendrán las máquinas respecto al desperdicio que se esté generando, de igual manera se podrá tomar medidas en aquellas cuyo porcentaje lleve una tendencia a la alza y con ello lograr al final del periodo los resultados deseados.

5.2.2 Desperdicio en el área de inspección

Para el análisis general del desperdicio, se tendrá una nueva área que controlar, el área de inspección, la última estación antes de pasar la producción al siguiente departamento, esta área tiene la función principal de eliminar de producción todas aquellas pilas que no cumplan los estándares de calidad, por lo general son defectos por atributos los que se convierten en desperdicio, que generaron en sí, las máquinas pero que fue en la inspección donde se identificó la falla, para un control de esta área, se creará un formato que permita recopilar la información tal como se muestra en la figura 28.

Figura 28 Formato para recopilación de desperdicio en inspección.

FECHA:	SEMANA DEL 8 AL 12 DE ENERO					ÁREA DE INSPECCIÓN
	LUNES 8	MARTES 9	MIÉRCOLES 10	JUEVES 11	VIERNES 12	TOTAL
DESPERDICIO MÁQUINAS BÁSICAS						
DESPERDICIO DE OTROS DEPARTAMENTOS						
TOTAL						

El formato anterior se llena con la información del desperdicio generado diariamente durante cada semana, también hay dos casillas diferentes para el

desperdicio que se generó por las máquinas básicas y la casilla del desperdicio de otros departamentos que es aquel que se genera durante el transporte por el que pasa la producción y que sufrió algún defecto a lo largo de la línea. El desperdicio recopilado en esta área no debe ser mayor del 0.10%, el objetivo total sigue siendo del 0.30%. Correspondiendo el 0.20% al que se recopila directamente en cada máquina y el 0.10% el que se recopila en el área de inspección.

5.3 Trabajo en equipo

Como dentro del departamento hay un conjunto de personas que trabajan diariamente por un mismo objetivo, es necesario actuar en forma interdependiente, aprovechando el talento colectivo producido por cada persona, para el logro de metas comunes.

Para lograr los objetivos impuestos, el trabajo en equipo es clave e indispensable, porque el logro de metas no se puede dar en una sola dirección y solo con una persona, se debe contar con la comprometida participación de todos para lograr la misión del departamento: Ser productivos. Se Debe recordar siempre que las personas que comparten un objetivo común y un sentido de comunidad, logran lo que pretenden con mayor velocidad y facilidad porque recorren el camino respaldados por el impulso mutuo.

El departamento de máquinas básicas tiene tres responsables directos del mismo: el supervisor de producción, el supervisor de mantenimiento y el supervisor de control de calidad. Si estas tres personas no trabajan en conjunto, no se lograrán los resultados, se necesita primero ser los líderes del departamento, para que posteriormente tanto operadores como mecánicos se integren al equipo de trabajo.

5.4 Comunicación

La comunicación ayudará en el camino hacia el logro de los objetivos, la cual en el equipo de trabajo debe ser abierta y asertiva. Todo mundo debe estar enterado de lo que está pasando en el departamento, que cambios se darán, cuales son los lineamientos que han de seguirse en determinado momento de la producción, informar en las tres vías (Producción, mantenimiento y control de calidad) cada aspecto importante a realizarse. La comunicación influye en la toma de decisiones, ya que una información incompleta puede provocar decisiones equivocadas, lo que a la larga afectará para ser productivos.

La eficacia de la comunicación es responsabilidad de todos, tanto supervisores de línea como empleados en general. El grado de eficacia de la comunicación puede evaluarse conforme a los resultados esperados. Algunas sugerencias para mejorar la comunicación en el departamento son:

- Los emisores de mensajes deben concebir claramente lo que desean comunicar.
- La comunicación para que sea eficaz debe realizarse de manera sencilla tanto para que el emisor como el receptor del mensaje la capten fácilmente.
- Los mensajes que se manejen deben ser acorde con el nivel de conocimiento de sus destinatarios y con el ambiente organizacional.
- En la comunicación el tono de voz, las palabras elegidas y la congruencia entre lo que se dice y el modo en que se dice influyen en las reacciones del receptor del mensaje.

- Con frecuencia se transmite información sin comunicación, dado que la comunicación sólo se completa cuando el mensaje es comprendido por el receptor, esto solo lo sabremos mediante la retroalimentación.

5.5 Estadística de resultados

Con la ayuda de la estadística permitirá tomar las mejores decisiones según sea el caso, para aplicarla en el departamento se debe archivar toda la información que sea necesaria y que se haya aplicado con anterioridad, también se debe archivar los resultados que se vayan alcanzando en cada periodo.

Para fines del trabajo en análisis se archivará toda información que se vaya adquiriendo, todas aquellas gráficas que hayan proporcionado en su momento algún tipo de información que haya ayudado en un periodo determinado y que hayan ayudado a tomar algún tipo de decisión en el trabajo. Tal como se muestra en las figuras siguientes de resultados obtenidos durante el desarrollo del presente trabajo.

Figura 29 Gráfica de estadística de causas de paros mecánicos

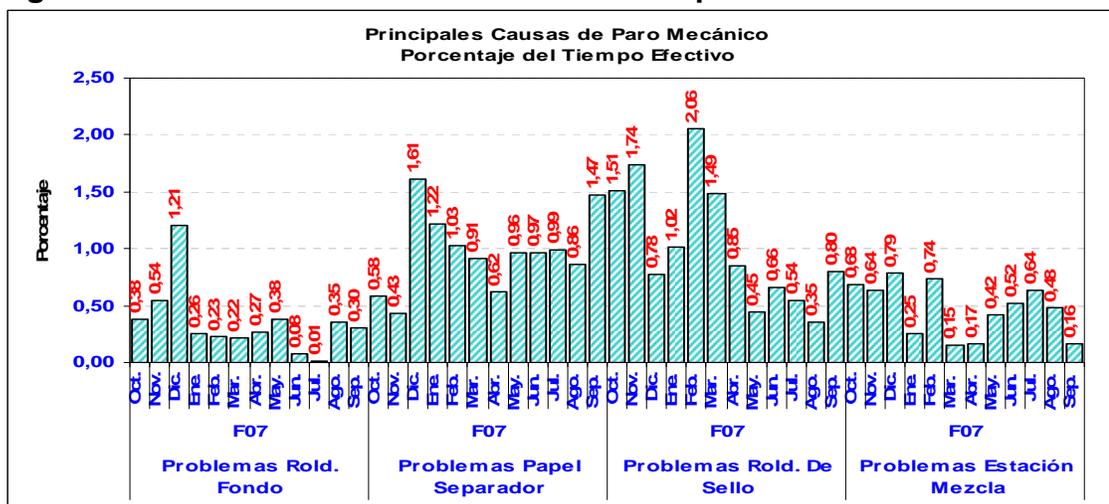


Figura 30 Gráfica de estadística de porcentajes de paros mecánicos a la línea

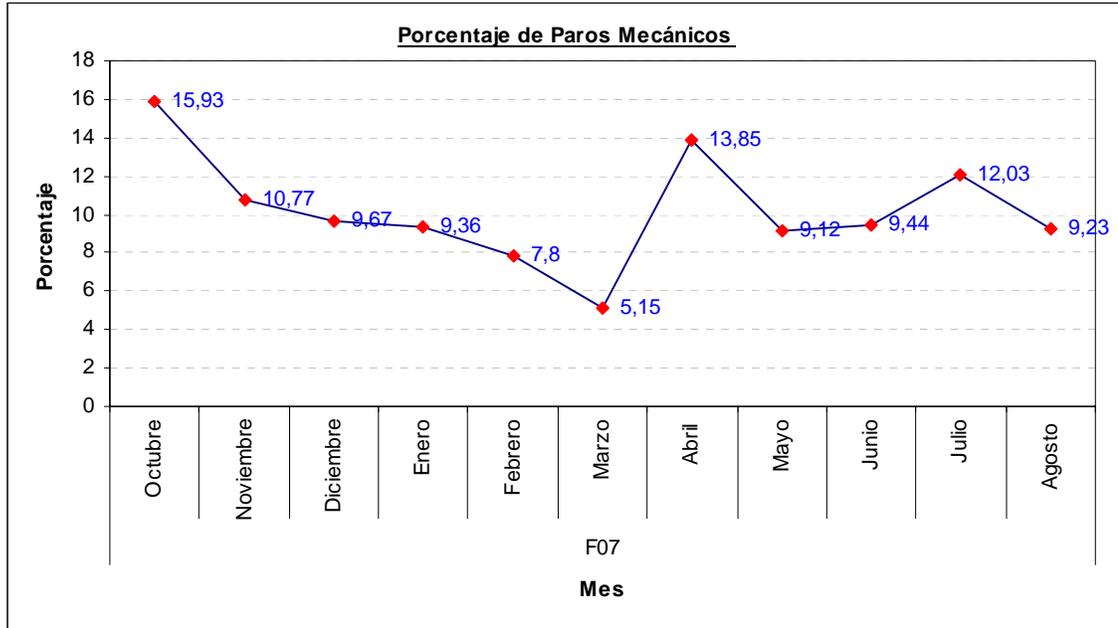


Figura 31 Gráfica de estadística de porcentaje de eficiencia de una máquina básica

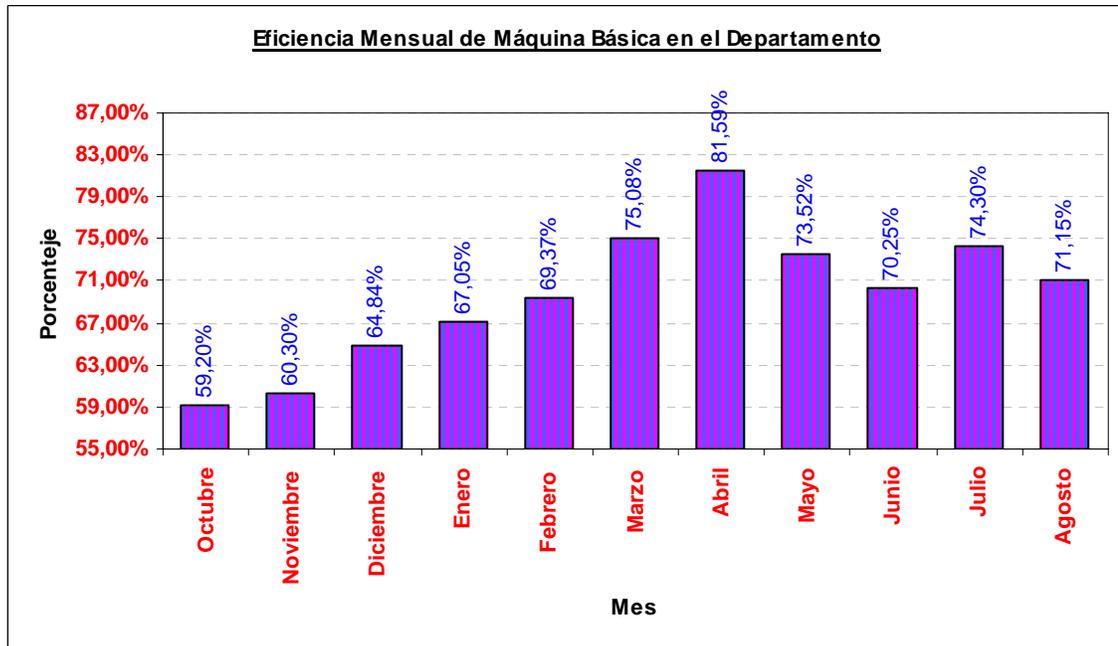
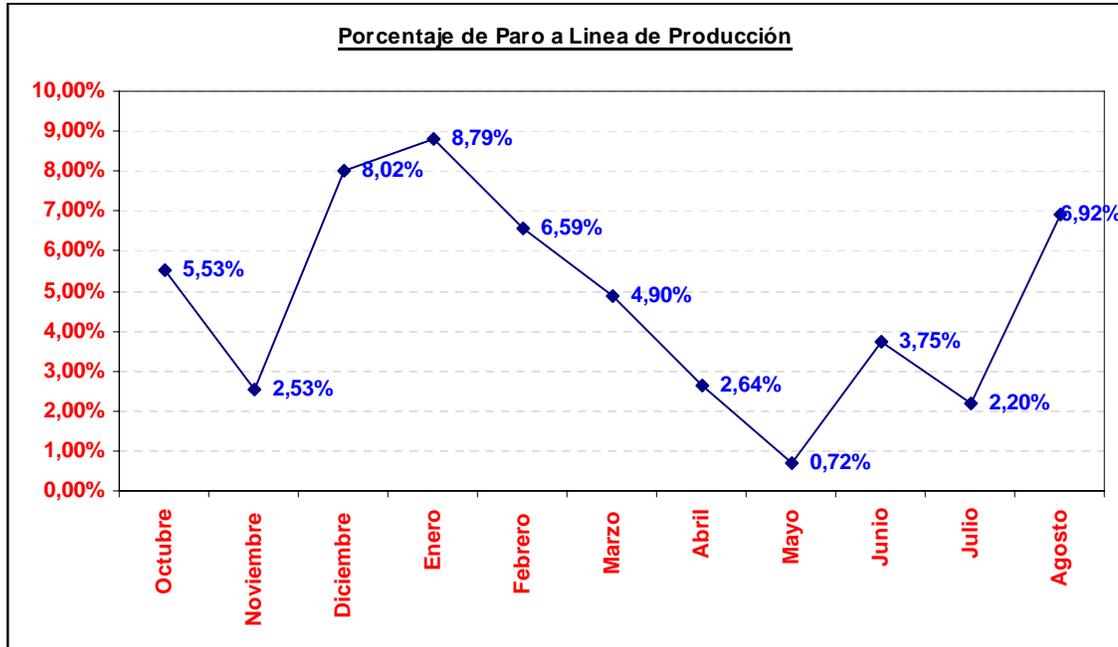


Figura 32 Gráfica estadística de porcentaje de paros a línea de producción



Como se puede observar en las gráficas anteriores se tienen las estadísticas de diferentes renglones importantes dentro del departamento de máquinas básicas como son las causas de paros mecánicos que han afectado a una máquina, en esta gráfica se puede observar los avances que se han obtenido en el periodo del seguimiento que se le ha dado y en qué momentos los porcentajes han incrementado o disminuido dependiendo la causa. También se puede obtener el historial de eficiencias obtenidas para dicha máquina y el comportamiento que ha desarrollado. También se presenta el ejemplo de los porcentajes de paros que ha tenido la línea de producción durante todo el seguimiento que se le ha dado a la máquina en el departamento.

Mediante éstas y otras gráficas similares pueden ayudar al mejoramiento de la productividad dentro del departamento, para saber que problema atacar inmediatamente y que beneficiará al logro de objetivos.

5.6 Información de resultados al personal de la línea

Un aspecto importante que nunca se debe olvidar en el alcance de logros dentro del departamento, es el personal directamente involucrado en el proceso, ellos son el elemento principal de todos los resultados obtenidos en la línea de producción, es por ello importante informarles de los resultados que se están obteniendo día con día, que avances se tienen y en que se debe mejorar, con ésto se ganará más compromiso de ellos hacia el logro de buenos resultados, veremos la voluntad de ellos para alcanzar los objetivos trazados para cada periodo.

Así es que diariamente se debe proporcionar los resultados obtenidos durante la jornada anterior, con el fin de que sepan como se avanzó, se retrocedió o se mantuvo el desempeño del departamento en materia de eficiencia y desperdicio, ya que con una eficiencia alta y un porcentaje de desperdicio bajo darán como resultado ser más productivos.

Para un control interno dentro del departamento se implementó el exhibidor de gráficas de desempeño laboral, tal como se muestra en la figura 33, el exhibidor estará colocado, en lugar donde todo el personal tenga fácil acceso a verificar como ha esta el desempeño del departamento.

Figura 33 Exhibidor de gráficas de desempeño laboral.



4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA

4.1 Establecimiento de objetivos para el período

Un punto importante para obtener buenos resultados y ver que tanto se está avanzando, es la implementación de objetivos para cada período de trabajo, en nuestro caso, periodos de un mes. Con esto se podrá ir avanzando paso a paso en niveles de producción, eficiencia y bajos índices de desperdicio. Se fijarán entonces los siguientes objetivos en el departamento:

- Objetivo de eficiencia 75%
- Objetivo de desperdicio 0.30% máximo

4.1.1 Porcentaje mínimo de eficiencia

Para ser productivos en el mes se necesitan cumplir los planes de producción establecidos según las demandas de ventas, para lograrlo es necesario alcanzar el nivel objetivo de eficiencia, este objetivo lo fijará el Gerente de Producción y será el mínimo necesario para alcanzar cada mes los planes de producción, durante todo el año, pudiendo variar los niveles de producción pero no variar el objetivo de eficiencia, el cual debe de alcanzar 75% cada mes.

4.1.2 Porcentaje máximo de desperdicio

Otro aspecto importante para ser productivos es el máximo aprovechamiento de los recursos (materias primas), en este caso, es tener los niveles más bajos de desperdicio que sea posible. El nivel de desperdicio a mantener será fijado por el Gerente de Control de Calidad y deberá estar abajo del objetivo que será del 0.30%. Este nivel de desperdicio se mantendrá durante cada mes durante todo el año de producción, pudiendo reducirse pero no incrementarse.

4.2 Control gráfico de la eficiencia

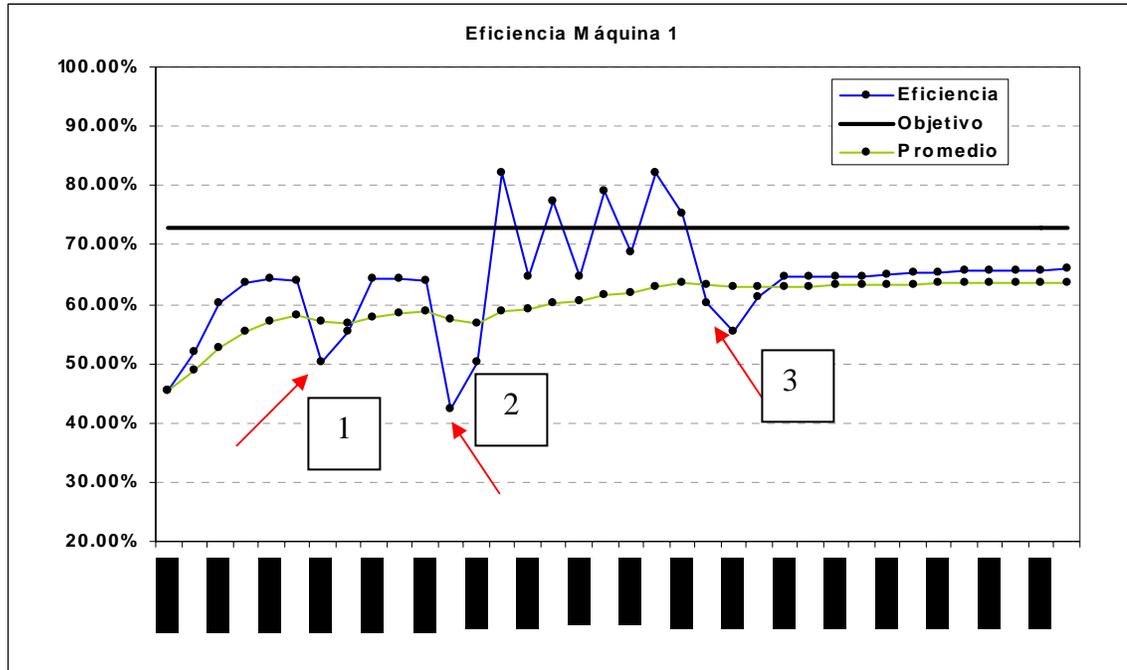
Con la ayuda de la figura 12 mostrada en el capítulo tres podemos obtener la información sobre el desempeño de la línea de producción en cualquier momento de la jornada de trabajo, con ésta gráfica a nuestro alcance se pueden estudiar los diferentes puntos de eficiencia y con ello actuar inmediatamente cuando la tendencia sea decreciente, por el contrario si la gráfica muestra una tendencia creciente es oportuno seguir manteniendo dicho comportamiento. Es importante, utilizar como herramienta indispensable esta información para mantener un control diario sobre el desempeño de la línea de producción.

4.2.1 Representación gráfica por intervalos de tiempo de la jornada.

En ésta gráfica se debe estudiar y analizar puntos por intervalos de tiempo, tales como: los intervalos de tiempo en los que el operador sale a su tiempo de refacción, el tiempo en que el operador sale al baño o el tiempo en que el operador sale a su periodo de almuerzo. Estos intervalos son importantes, porque la máquina sigue trabajando sin el operador titular lo que podría variar el comportamiento productivo al ser operada por otro operador ajeno a la máquina. Esto se muestra en la figura 21.

Como se puede apreciar las flechas señaladas en la figura 21 tanto los puntos No. 1, 2 y el 3 muestran una disminución en el porcentaje de eficiencia coincidentemente cuando la máquina era operada por un operador distinto al operador titular de la misma, por lo que hay que estudiar que causas conllevan a que ocurra esta disminución.

Figura 21 Gráfica de eficiencia en intervalos de tiempo de una jornada de trabajo

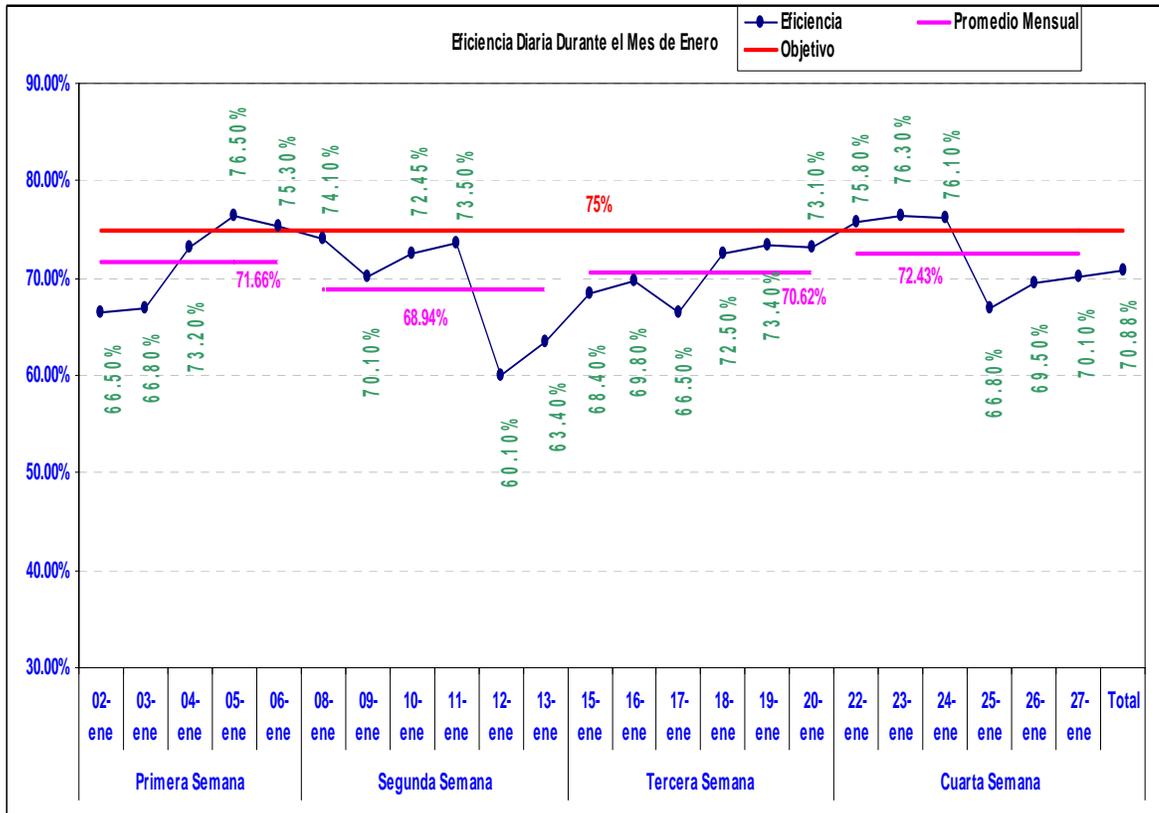


Por otro lado se aprecia que del punto 2 hasta el punto 3 la eficiencia mantiene una tendencia idónea entre el rango objetivo, sin obtenerse picos con bajo porcentaje como se dan en los periodos de refacción, baño o almuerzo. Se debe analizar si el operador que cubre en esos tiempos la máquina está completamente capacitado para dicha labor, de lo contrario buscar alternativas de nuevos operadores y seguir el control respectivo siempre.

4.2.2 Representación gráfica por día

En esta gráfica se llevará el registro de la eficiencia durante cada día de cada mes de trabajo con el objeto de ver que tanto nos mantenemos, nos acercamos o nos alejamos del objetivo trazado, lo importante de esta gráfica es siempre con la finalidad de encontrar causas para mejorar y alcanzar los resultados deseados, como se muestra en la figura 22, los resultados obtenidos en el mes de enero diariamente.

Figura 22 Gráfica de eficiencia diaria durante el mes de trabajo



De estos resultados se pueden analizar las eficiencias diarias, los promedios por semana y así como también el resultado finales alcanzados en el mes, sin dejar de mencionar el punto objetivo que se pretendía alcanzar durante el mes y que solo se superó durante 5 días del mes así como también el punto menor, obtenido durante la segunda semana, acá se puede ir analizando a diario cada punto para que el reto sea el día siguiente en tratar de lograr la meta planteada al inicio del periodo.

4.3 Control gráfico del índice de desperdicio

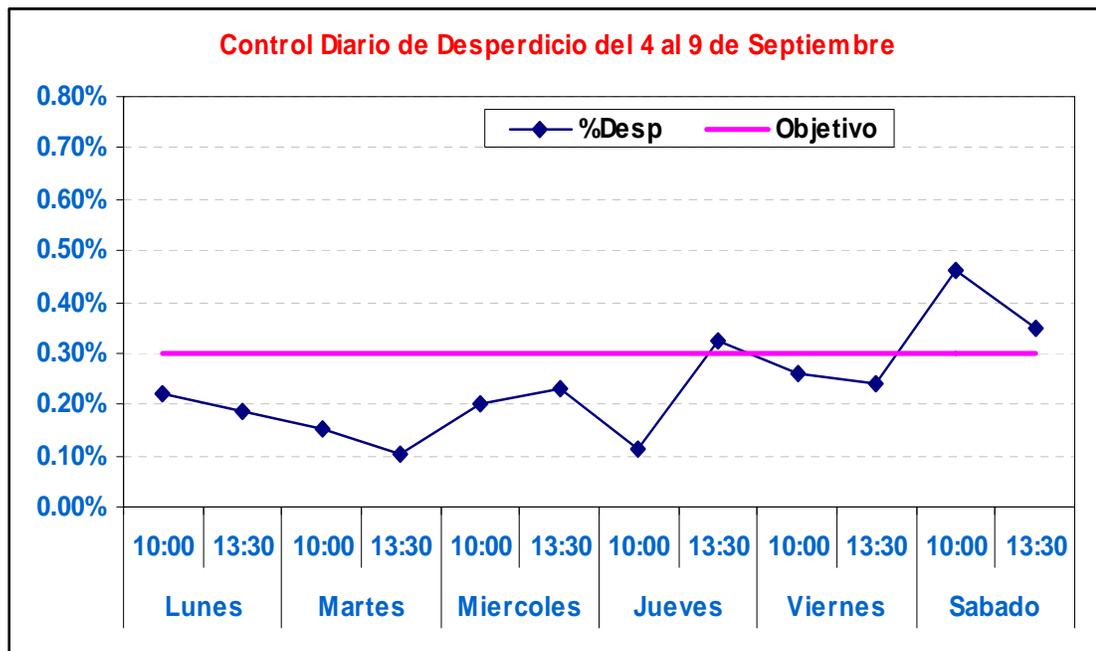
Nunca se debe perder de vista el renglón relacionado al desperdicio de materias primas, hay que recordar que son parte fundamental en el proceso de producción y el máximo aprovechamiento de las mismas debe ir de la mano con el aumento de la eficiencia. Es por ello que se debe incluir el respectivo análisis

gráfico del desperdicio que se ocasiona en una máquina básica del departamento.

4.3.1 Gráfica por día

Se llevará un control diario del desperdicio generado por una máquina, tomándose para ello dos muestras diarias, siendo éstas una a mitad de la jornada de producción y la otra al final de la misma. La finalidad de este control es verificar el comportamiento que tiene la máquina respecto al desperdicio generado, hay que recordar que el objetivo propuesto por el departamento de control de calidad debe ser menor al 0.30%. Por lo que cuando se esté por sobrepasar este resultado debe actuarse inmediatamente para reestablecer las buenas condiciones de trabajo y evitar excesos de desperdicio, la figura 23 muestra un comportamiento diario del desperdicio que se generó durante una semana en una máquina.

Figura 23 Gráfica de control diario de desperdicio

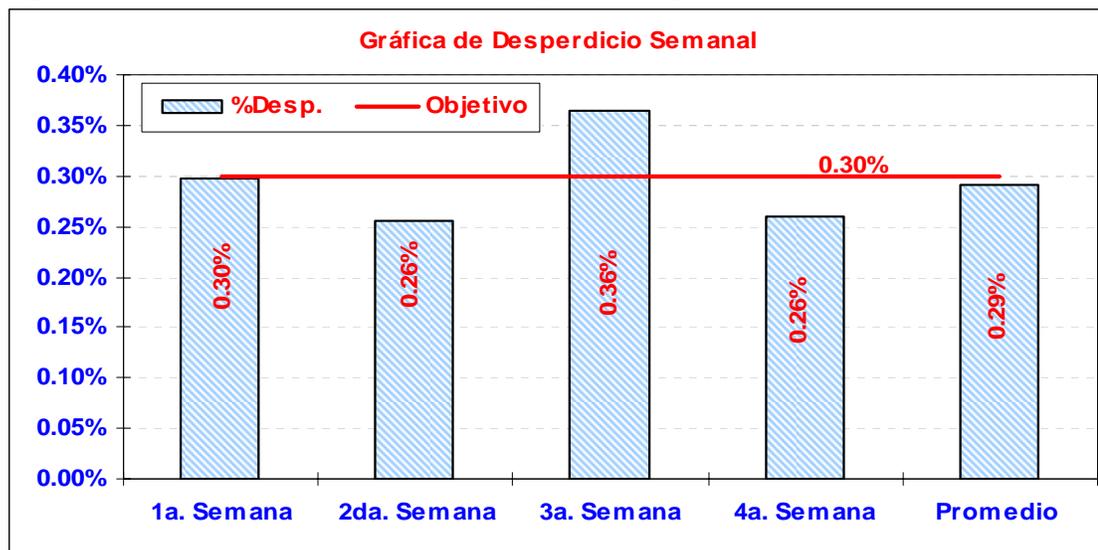


Como se puede apreciar, el comportamiento del índice de desperdicio se mantiene estable durante los primeros tres días de la semana, teniéndose un incremento a partir del día jueves hasta finalizar el día sábado que el incremento sobrepasa el límite permitido, aunque se comenzó a trabajar el problema en la primera revisión de las 10 de la mañana pero no fue suficiente para el final del turno aunque si tuvo en pequeño descenso no fue suficiente para reducirlo al mínimo.

4.3.2 Gráfica por semana

Como el propósito principal es siempre alcanzar el objetivo propuesto para el mes de producción, la figura 24 lleva la finalidad de mantener el porcentaje de desperdicio siempre dentro de los límites establecidos. En la gráfica se puede observar que durante casi todo el mes, el objetivo se mantuvo abajo del máximo permitido, con excepción de la tercera semana, donde el porcentaje aumento, sobrepasando el objetivo. Lo importante de esta gráfica es mantener semana a semana el nivel de desperdicio abajo del establecido ya que de esta manera al final del período los resultados serán los esperados por todos.

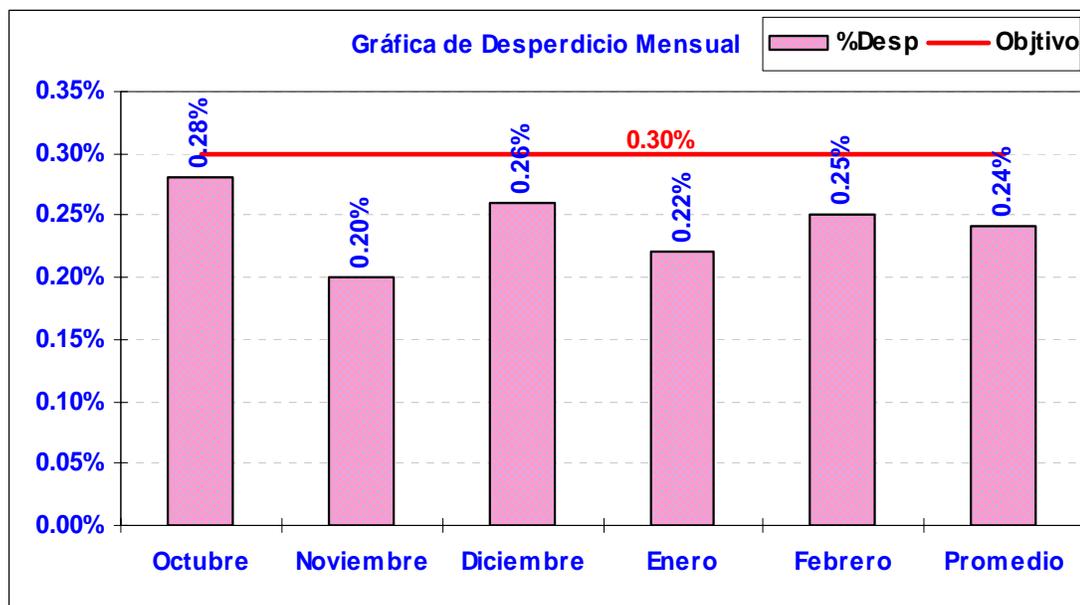
Figura 24 Gráfica de control del desperdicio por semana.



4.3.3 Gráfica por mes

Luego de haber analizado anteriormente primero diariamente durante la jornada de trabajo y luego semanalmente ahora el propósito es no perder de vista el objetivo final y la mejor manera es agrupar la información al final de cada mes, que es el resultado final que ha de tomarse como referencia para verificar el logro del objetivo, para ello es importante ir comparando los resultados mes a mes para ver los avances obtenidos o si se mantienen con la tendencia abajo del objetivo. Los resultados se muestran en la figura 25.

Figura 25 Gráfica de control del desperdicio mensual en el departamento de máquinas másica.



Los resultados que presenta la figura 25 respecto a los resultados de desperdicio durante los meses de octubre a febrero, se observan que se encuentran abajo del límite establecido, los cuales son menores al 0.30% establecido para cada mes, sin embargo, éstos pueden mejorarse aun más, ya que el promedio es de 0.25%, lo cual indica que estamos muy cercanos al máximo.

4.4 Programa de mantenimiento

Para que una máquina trabaje siempre en buenas condiciones, se debe aplicar y programar el mantenimiento adecuado a la maquinaria, para alcanzar altos niveles de productividad, el mantenimiento que se aplique evitará pérdidas en la línea de producción. En el departamento de máquinas básicas se aplicará una programación basada en mantenimientos preventivos y correctivos, por ser los que más relacionados estarán en el proceso de producción.

A continuación se detallan cada una de éstas dos herramientas importantes para alcanzar altos niveles de eficiencia y mejoras en la productividad del departamento.

4.4.1 Mantenimiento preventivo.

Con el mantenimiento preventivo pretendemos transformar las reparaciones inesperadas y súbitas, en programadas, para con ello ganar en abaratar costos y disminuir las pérdidas de producción.

Se trabajará con la ayuda del departamento de mantenimiento, para estar en constante comunicación acerca de todas aquellas piezas que estén próximas a llegar a su vida útil. Para ello, se necesita mantener actualizado los niveles de producción, que las diferentes partes de cada máquina llevan acumulados, en base a esta información adelantarse con los pronósticos del día y establecer sí se pretende que cumpla con la vida útil, de ésta manera se programará en coordinación con el responsable de producción el momento de aplicar el mantenimiento.

Por ejemplo: se tiene que la vida útil de un troquel de una máquina es de 600.000 unidades producidas, llegada ésta producción se programa el cambio o filo al troquel, si el registro nos dice que el troquel lleva producidas 350,000

unidades hasta la fecha, en que momento se pretende programar el mantenimiento preventivo, si se sabe que diariamente se producen en promedio 35,000 unidades, asumiendo que hoy es 8 de enero.

$$600,000 - 350,000 = 250,000 \text{ Unidades}$$

Faltan 250,000 unidades para cumplirse la vida útil.

$$250,000/35,000 = 7 \text{ Días}$$

Significa que restan aproximadamente 7 días para cumplirse el tiempo para el mantenimiento preventivo, así que éste será el 15 de enero, tiempo que conjuntamente los encargados de producción y mantenimiento planearán el respectivo cambio, con la finalidad de evitar paros de la maquinaria y causar pérdidas de producción, de igual manera se manejará el criterio con el control de la vida útil de otras piezas de la máquina, siempre tratando de tener el conocimiento de cuando tocará el mantenimiento.

4.4.2 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se lleva a cabo con el fin de corregir o reparar una falla en el equipo, generalmente se presenta como una emergencia de reparaciones de roturas, debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a repararla lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer.

Lo importante a tomar en cuenta para éste mantenimiento es volverlo lo más preciso y rápido, ya que no sabemos con antelación en que momento ocurrirán esas fallas imprevistas para todos. Lo que ayudará es saber con antelación que debe hacerse cuando se presente algún tipo de fallas, contar

con el personal disponible e idóneo para realizar la tarea, así como también con las herramientas y repuestos que se han de necesitar.

4.5 Análisis de resultados al final del período

Después de finalizado un mes de producción corresponde analizar los resultados obtenidos durante el mismo, los avances o retrocesos que se tuvieron, así como también que acciones se tomaron en cuenta durante cada periodo trabajado, siempre con la finalidad de buscar la mejora continua en el trabajo que estemos realizando, en nuestro caso, ser productivos, alcanzando altos niveles de eficiencia, bajos niveles de desperdicio y cumpliendo lo programas de producción requeridos.

4.5.1 Tabla general de resultados

Se presentarán de manera general y al final de cada periodo, se incluye en ésta tabla los resultados de: eficiencia, porcentaje de desperdicio, producción alcanzada, accidentes sufridos en el departamento, días de ausentismo del personal operativo. Todos estos resultados se compararán con el objetivo respectivo de cada rubro, para cuestiones de identificación de logros alcanzados se utilizarán los colores del semáforo, para identificar en que nivel se logró el objetivo, de la siguiente manera:

- Color rojo: Indicará que definitivamente es estuvo lejos de lograr el objetivo.
- Color amarillo: Indicará que el objetivo casi se logró.
- Color verde: Indicará que el objetivo fue superado.

La tabla XI muestra los resultados del mes de enero de 2007.

Tabla XI. Tabla de resultados

TABLA DE RESULTADOS DEL MES DE ENERO				
INDICADOR	VALOR		ACUMULADO	COMENTARIO
EFICIENCIA Objetivo 75%	73.55%		73.55%	El objetivo del 75% no se alcanzó, faltó un 1.45% para alcanzarlo, por lo que estuvo muy cercano al objetivo trazado.
DESPERDICIO Objetivo 0.30%	0.25%		0.25%	El porcentaje de desperdicio está dentro del rango permitido
PRODUCCIÓN PLAN 1,250,725 Unidades	1,055,850		1,055,850	El plan de producción de unidades para el mes de enero, no se superó.
AUSENTISMO DEL PERSONAL Objetivo 4%	3.25%		3.25%	EL porcentaje de ausentismo del personal de planta se encuentra aceptable, en comparación al objetivo.
No. DE ACCIDENTES Objetivo 0	1		1	Al final del periodo el Sr. Juan Pérez sufre una cortadura en mano izquierda lo que ocasiona ser enviado al IGSS, con suspensión de 6 días por accidente Laboral.

La tabla anterior detalla los resultados obtenidos en el mes de enero, como se mencionó anteriormente la representación de los colores del semáforo indican que tanto se lograron los objetivos, en el rubro de eficiencia se observa que el color amarillo nos indica que casi se logra alcanzar el objetivo puesto que el resultado obtenido fue de 73.55%, estuvo 1.45% de alcanzarlo.

En lo que respecta a porcentaje de desperdicio, a cumplimiento de plan de producción y ausentismo del personal a sus labores. Los objetivos se cumplieron satisfactoriamente por lo que se representó mediante el color verde del semáforo, indicando el buen trabajo realizado durante el mes, por el contrario en el rubro de accidentes cuyo objetivo es que no ocurran ningún accidente durante el mes, lamentablemente se muestra que ocurrió uno, por lo que está representado con el color rojo del semáforo para hacernos ver que debemos estar atentos en este rubro para el próximo periodo. En la columna de acumulado debe completarse con resultados de meses anteriores hasta la fecha en análisis, por ser éste el primer mes de presentación el acumulado es igual al obtenido en el mes.

4.5.2 Acciones tomadas durante el período

Para todos los resultados obtenidos, lógicamente se tuvo que haber actuado en algún momento, tanto para mejorarlos o mantenerlos, por lo que, es de suma importancia anotar las acciones que se tomaron para corregir el rumbo en su debido momento, analizando la tabla XI se deben realizar las siguientes acciones:

- **Accidentes.** El objetivo de cero accidentes no se logró ya que durante el período analizado ocurrió uno con el Sr. Pérez, lo primero es analizar la causa que lo originó y posteriormente actuar debidamente, puede haber sido alguna imprudencia del operador, falta de equipo protección para realizar la tarea, etc. Lo importante es evitar estas situaciones en el futuro.

- Eficiencia. El objetivo estuvo cerca de alcanzarse, es importante hacer las anotaciones necesarias sobre las acciones tomadas y que pueden ayudar para superar lo poco que faltó en el siguiente periodo.
- Producción. El plan de producción también se acercó al objetivo como era de esperarse, ya que el objetivo de eficiencia tampoco se alcanzó, lo importante es que logrando el objetivo de eficiencia también se alcanzará el objetivo respecto al plan de producción.
- Ausentismo. Se incluye este rubro debido a que las faltas inesperadas de algún operador causan que se pierda el balance de la línea de producción, por lo que será importante reducir aquellos permisos que no sean necesarios.

4.5.3 Propuesta de mejoras para el siguiente período

Lo importante del establecimiento de objetivos es que permiten medir el sistema ante diferentes situaciones adversas que se presenten, es por ello que algo importante en lo que no se debe olvidar es mejorar continuamente en todo aspecto, por ejemplo:

- Nuevos métodos de producción
- Constantes mejoras en la adquisición de materias primas
- Mejoras en la maquinaria

Cuando los objetivos se logren alcanzar y sobrepasar se debe aplicar el criterio de ambición hacia objetivo mayores por ejemplo:

- Aumentar a un 80% el porcentaje de eficiencia
- Reducir el porcentaje máximo de desperdicio hasta un 020%
- Reducir el porcentaje de ausentismo a un 3% mensual

Lo importante es MEJORAR el proceso, para ser siempre productivos, tener en mente en que siempre habrá algo que se puede hacer mejor de lo que se está haciendo, para lograrlo se debe trabajar conjuntamente los tres departamentos responsables del departamento: Producción, Calidad y Mantenimiento. Si se trabaja unido como equipo las ideas y las mejoras aumentarán continuamente, beneficiándose el logro de buenos resultados.

CONCLUSIONES

1. Utilizar como herramienta básica las Gráficas de Pareto, en los tiempos de paros mecánicos y automáticos, permite encontrar y eliminar todos aquellos tiempos improductivos dentro del proceso, los cuales garantizan mejoras en la eficiencia de cualquier máquina que sea analizada.
2. Dar el manejo y control adecuado a las materias primas que se utilizan en el departamento, antes de ser transformadas en producto final, logra reducir los índices de desperdicio por debajo del porcentaje objetivo del 0.30%, y con esto tener un proceso productivo.
3. Al trabajar en forma conjunta con los departamentos de producción, control de calidad y mantenimiento, se logró implementar un mantenimiento preventivo a todas aquellas piezas de una máquina que cumplido su tiempo de vida, deben ser cambiadas o reparadas, antes de caer en mantenimientos correctivos, con lo cual se aprovecha los tiempos efectivos de trabajo.
4. Controlar periódicamente el funcionamiento de una máquina da como resultado determinar exactamente qué causa o causas están afectando la eficiencia de la línea de producción, siendo las causas que mayor incidencia tienen: los paros por mantenimiento, por paros automáticos y los paros ocasionados por otro departamento.
5. Establecer objetivos alcanzables de eficiencia del 70% mensual y de desperdicio del 0.30% por parte de la alta gerencia, según sean los requerimientos del mercado, miden los avances obtenidos mes a mes en

el departamento, y ayuda para ser ambiciosos en el aumento y reducción de los respectivos objetivos.

6. Trabajar en equipo: producción, control de calidad y mantenimiento, en la toma de decisiones, benefician la productividad del departamento, se enfoca todo en conjunto, actuando todos como responsables del departamento.
7. Al dar el seguimiento constante, tal como el sistema propuesto, se logró aumentar los niveles de eficiencia que estaban en promedios menores del 57% a niveles mayores del 70%, y reducir los niveles de desperdicio que se encontraban en promedio mayores del 0.60%, y se redujeron a niveles menores del 0.30%; en general, se logra la productividad.

RECOMENDACIONES

1. En ciertas temporadas del año, cuando las inclemencias del tiempo son incontrolables a la mano del hombre, da como resultado situaciones imprevistas a lo que se tenía planificado, como por ejemplo: en épocas de invierno cuando imprevistamente se ve dañado el flujo eléctrico, esto da como resultado bajos niveles de eficiencia, debido a la falta de capacidad adecuada de una planta eléctrica, por lo que es recomendable que en estos acontecimientos se mejore la capacidad de la planta generadora, para que no influya en el logro de objetivos.
2. Uno de los aspectos de importancia para el logro de un alto índice de productividad, es la homogeneidad de las materias primas, ya que de ello también depende el buen funcionamiento de la maquinaria, ya que cuando hay variabilidad de materias primas, los diferentes ajustes que se necesitan hacer a la máquina, provoca paros mecánicos y un aumento en el porcentaje de desperdicio.
3. Un historial de los avances o retrocesos que se obtengan en el logro de metas, es indispensable tenerlo siempre, esto para saber qué se trabajó, cómo se trabajó, qué aplicación se dio para resolver en un momento determinado algún inconveniente que se haya presentado. Es recomendable anotar cualquier detalle por minucioso que sea, que en un futuro podrá ser de gran importancia en nuestro control de la productividad de una máquina.

4. Como piezas fundamentales en el alcance de objetivos, los operadores deben saber cómo se ha estado trabajando, cómo van los resultados de la maquinaria que tienen a su cargo. Por ello, es recomendable hacerles llegar dicha información en lugares donde le sea accesible la visualización de resultados, como por ejemplo en la entrada del departamento o en los relojes marcadores de entradas y salidas. Con ello se ganará de cierta manera compromiso de parte de ellos en mejorar cada día.

5. Debido a que la planta trabaja a dos turnos y que los resultados dependen de ambos turnos, es recomendable el trabajo en equipo entre los responsables de ambos turnos, una buena comunicación entre ellos y un compromiso por parte de ambos para alcanzar un bien común: ser productivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 www.wikipedia.org/wiki/Maquinariagestiopolis (junio de 2008)
- 2 www.manttopreventivo.com
- 3 www.manttocorrectivo.com
- 4 www.definicion.org/insumos
- 5 Enciclopedia Encarta 2006

BIBLIOGRAFÍA

1. García Criollo, Roberto. **Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos**, 1ª. Edición México: Mcgraw-Hill, 1998.
2. G. Schroeder, Roger. **Administración de Operaciones**, 3ª. Edición México:Mcgraw-Hill, 1999.
3. Solares Chávez, Axel. Administración de Materiales para el Departamento de Empaque de una Empresa Fabricante de pilas Secas (Trabajo de Graduación). Ing. Mecánica Industrial, Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.
4. Kopelman, Richard. **Administración de la productividad en las organizaciones**, 2ª edición México: Mcgraw Hill, 1988.
5. Solórzano, Norverth. Programa de Mantenimiento Preventivo de Máquinas Estructoras de Ficha de Zinc (Trabajo de Graduación). Ing. Mecánica, Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003.
6. Álvarez, Randy. Propuesta de Sistema de Control de Inventarios de Materia Prima de Alto Costo para el Mejoramiento de la Productividad del Departamento de Ensamble en una Fábrica de Pilas Secas (Trabajo de Graduación). Ing. Industrial, Guatemala, Facultad de Ingeniería.
7. Taha Hamdy A., **Investigación de operaciones**, 5ª edición Colombia: Alfaomega, 1995.

