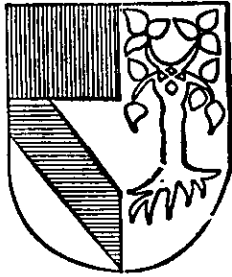


3089.17

8
Lej.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

**ESCUELA DE INGENIERIA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**IMPLEMENTACION DE UNA METODOLOGIA DE UN SISTEMA DE INFORMACION
COMO MEDIO DE MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UN PROCESO DE
PRODUCCION**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
INGENIERIA INDUSTRIAL
PRESENTA**

LUIS GUILLERMO BRAVO MONROY

DIRECTOR: ING. RODOLFO BRAVO DE LA PARRA

MEXICO, D. F. 1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

257517



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION	1
1. Consideraciones Generales	1
1.1 Objetivo	1
1.2 Beneficios	2
1.3 El Caso de Estudio	10
2. El Método	10
2.1 Recursos	11
2.2 Prerrequisitos	11
2.3 Descripciones Claves	12
2.4 Demostración del Desempeño	14
2.5 Beneficios	16
2.6 Principios y Lineamientos	17
3. Sistema de Generación de Datos	17
3.1 Las Seis Grandes Pérdidas	19
3.2 Sistema de Codificación	23
3.3 Recolección de Datos	24
3.4 Reportes de Salida	32
4. Revisión del Desempeño de la Línea	32
4.1 Plan de Actividades	25
4.2 Resultados	40
5. Captura y Procesamiento de Datos	40
5.1 Cálculos de Sistema de Medición	42
5.2 Resultados	43
6. Se establecen prioridades de Areas de Oportunidad	49
7. Análisis de Pérdidas	54
7.1 Desarrollo y Ajuste de Planes de Acción	56
7.1.1 Limpieza del Auger	56
7.1.2 Riddler	57
7.1.3 Cambios de Marca	57
7.1.4 Sello Horizontal	58
8. Plan de Ejecución de Actividades	58
8.1 Limpieza del Auger	60
8.2 Sello Horizontal	66
8.3 Cambios de Marca	66
8.4 Riddler	66

9. Seguimiento	72
9.1 Resultados del Plan de Ejecución para limpieza de Auger	72
9.1.1 Programa de Revisión del Auger	74
9.1.2 Formato para inspección en Operación	74
9.1.3 Programa de Monitoreo de Polvo	74
9.1.4 Refacciones	75
9.1.5 Otras Actividades	75
9.2 Plan de Ejecución Sello Horizontal	75
9.2.1 Programa de Desarrollo y Busca de Proveedores, y Análisis	76
de Piezas	
9.2.2 Entrenamiento en Armado de Sello	77
9.3 Plan de Ejecución Cambios de Marca	77
9.4 Plan de Ejecución Riddler	81
Conclusiones	85
Resultados Cualitativos	85
Como Metodología	87
Ventajas	87
Desventajas	87
Trabajo de Tesis	88
Bibliografía	

INTRODUCCION

El objetivo principal de esta tesis es implementar un sistema de información como un medio para mejorar la confiabilidad de un proceso de producción.

En la primera parte de la tesis se recaba información sobre la metodología a seguir. Después se identifican las pérdidas del proceso de producción, haciendo foco en la eficiencia, la cual al inicio del proyecto era inferior a los objetivos que la empresa había planteado.

Ya identificadas las áreas de mejora, se analizan y se plantean diferentes planes de acción para solucionar dichas áreas.

Durante el proceso entran tanto problemas técnicos como de educación, lo cual hace que el método abarque las 4 M's (con sus siglas en inglés Man, Machinery, Method, Material), esto es indispensable para alcanzar y superar los niveles de eficiencia objetivos.

Finalmente se obtienen al término de la implementación resultados cuantitativos y cualitativos que arrojan como conclusión la efectividad del sistema de producción en ese proceso de producción específico.

CAPÍTULO 1. CONSIDERACIONES GENERALES.

1.1 Objetivo.

El objetivo de esta tesis es la implementación de un sistema de información que ayude a mejorar de un 75 % a un 80% de eficiencia sistemáticamente la confiabilidad de un proceso de producción en una planta de manufactura.

El desarrollo de esta tesis llevará una metodología, la cual se basa en recopilación de datos, análisis, implementación de contramedidas y seguimiento, empezando con los datos generados por cada línea o sistema de producción durante la operación.

Esta metodología está diseñada para obtener en un corto plazo mejoras en la confiabilidad mediante la eliminación de fallas crónicas en los primeros ciclos y se tomará más y más específica conforme la confiabilidad se aproxime al 100 %.

En la tesis se generarán e implementarán planes de acción que reducirán tanto pérdidas en velocidad y desperdicio, así como en tiempos muertos planeados y no planeados.

1.2 Beneficios.

Durante la carrera de Ingeniería Industrial, cada uno de los estudiantes adquirimos diferentes conocimientos, los cuales podría llamarlos como "diamantes en bruto", ¿por qué?, por el hecho de que durante la carrera se aprende la teoría, y no se adquiere la práctica, en donde el verdadero reto comienza; es en el momento de aplicar y practicar lo aprendido.

Suena hasta cierto punto fácil, porque tenemos las bases de los conocimientos, y tenemos también la energía de una persona que sale con ganas de aplicar todo lo que ha aprendido, pero la verdad es que no es así, porque la práctica de nuestros conocimientos va mucho más allá de una teoría o método, es donde entran otros factores más importantes que los conocimientos científicos... me refiero a la parte humana del trabajo, del desarrollo profesional y personal de cada uno de nosotros, en particular cuando el desarrollo de otras personas depende también de nuestro trabajo.

Para la elaboración de esta tesis profesional he trabajado en estas dos grandes partes: los conocimientos y los valores adquiridos durante mis estudios profesionales, cuyos resultados veremos durante el desarrollo del mismo.

Considero que las habilidades como trabajo en equipo para alcanzar los objetivos comunes, el liderazgo para dirigir un proyecto, la creatividad para inventar cosas nuevas y más eficientes, la maestría técnica o conocimiento de métodos o equipo y el establecer un sistema de seguimiento, son habilidades que son claves para el éxito de esta tesis.

1.3 El caso de estudio.

La presente tesis analiza una línea de producción de empaque de polvos(detergente) en bolsas formadas de polietileno. Esta línea, para objeto de la tesis, la llamaremos "Línea Prototipo".

Históricamente esta línea de producción ha estado dentro de las líneas líderes en confiabilidad desde su instalación, de entre 10 líneas con equipo similar.(v. tabla 1.1)

tabla 1.1 Resumen de eficiencias durante el período de un año.

Mes	Eficiencia
julio	77.95
agosto	85.18
septiembre	86.9
octubre	84.38
noviembre	84.72
diciembre	83.2
enero	82.18
febrero	87.76
marzo	87.6
abril	85.6
mayo	83.4
junio	82.6

La línea prototipo se compone de tres sistemas principales: (v. figura 1.1)

1. Sistema de llenado.
2. Sistema de envasado
3. Sistema de empaclado

El sistema de llenado consta de 2 equipos principales: la criba, que su función es la de cernir el polvo antes de ser envasado y evitar de esa forma que objetos extraños contaminen el producto; y el gusano dosificador, que es un gusano encargado de dosificar el polvo en las cantidades deseadas para llenar con exactitud las bolsas de polvo.

1.3.1 Sistemas principales.

El sistema de envasado es el más complejo y se subdivide en los siguientes sistemas:

1. Sello Vertical.
2. Sello Horizontal.
3. Portarrollo
4. Sistema de elevación

La función del sello vertical es la de sellar el polietileno en sus extremos formando así un cilindro que resbala a través del tubo hasta llegar al sello horizontal y consta de un tubo formador de bolsas (v. figura 1.2) cuya función es darle forma a la bolsa, y de una resistencia, la cual funciona por medio de un pistón de simple efecto y están montados en un brazo que los sostiene.

El sello horizontal se compone principalmente de un carro(v figura 1.3) con dos barras guías, el cual tiene dos mordazas y su función es la de sellar las partes inferior y superior de la bolsa, mediante un movimiento de abrir y cerrar las mordazas. Al momento de cerrar se manda un impulso a dos resistencias y un alambre de corte que se encuentran en las mismas elevando la temperatura del polietileno hasta llevarlo al punto de fusión.

El portarrollo es un sistema de alimentación de polietileno, consta de un motor que hace girar el rollo de polietileno y de un sistema de barras paralelas cuya función es la de alinear y tensar el polietileno con el tubo formador y evitar fallas en el sellado vertical. El polietileno es surtido en rollos de aproximadamente 50 kgs, los cuales tienen impreso el dibujo del producto a envasar.

Figura 1.1
Diagrama del proceso de producción con sus subsistemas principales.

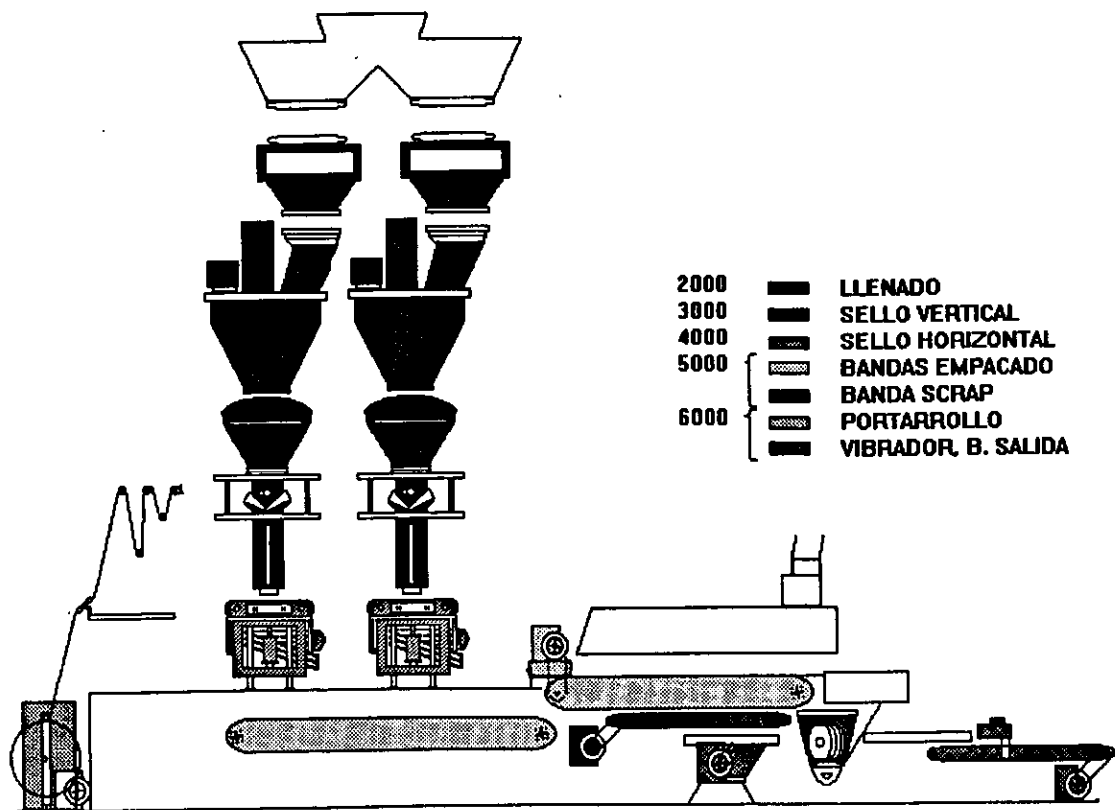


Figura 1.2
Sistema Sello Vertical

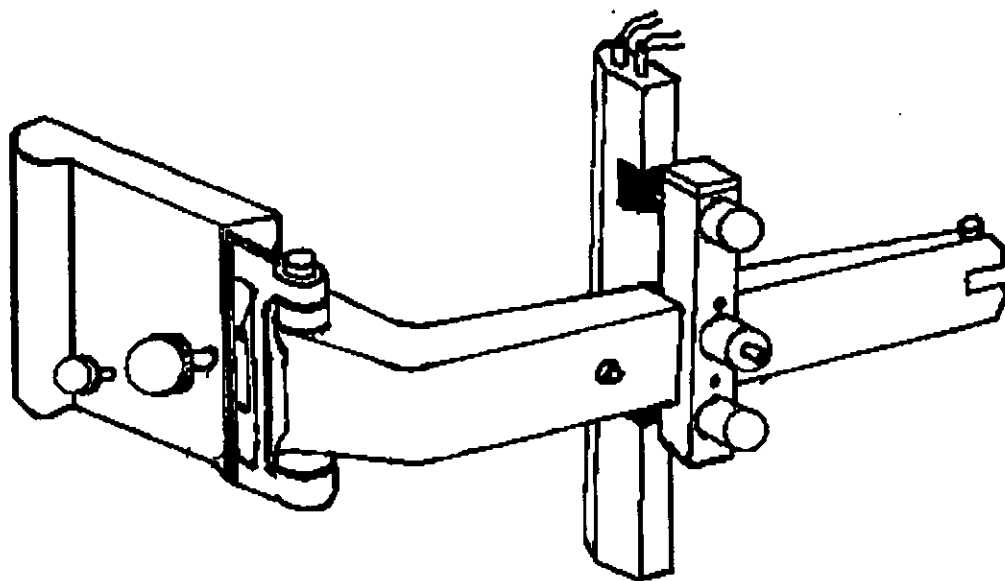
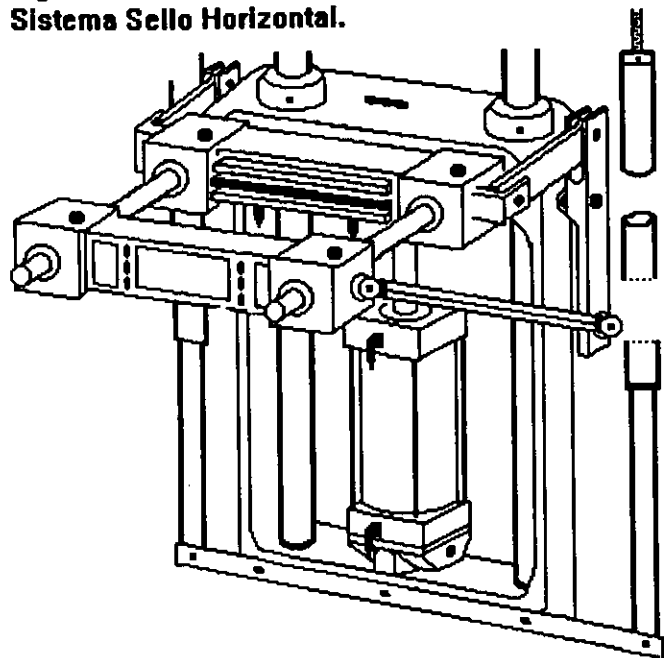


Figura 1.3
Sistema Sello Horizontal.



El sistema de elevación es el encargado del movimiento del carro ascendente y descendente, con el objeto de jalar el polietileno después de formado el cilindro, mientras las quijadas del carro sellan y cortan la bolsa.

El sistema de empaqueo se compone de tres bandas; dos de estas bandas transportan las bolsas desde que son selladas hasta donde son envasadas por dos empacadores, y la tercera, transporta las bolsas desechadas por los empacadores por tener defectos de calidad, hasta un sistema de reproceso.

1.3.2 Personal de la línea.

La línea de producción es manejada por un supervisor o gerente de línea, un planeador de mantenimiento y tres equipos de trabajo de ocho personas cada uno. (v figura 1.4)

El rol del supervisor o gerente de línea es el de liderar a los equipos de trabajo hacia el logro de los objetivos planteados por la empresa, su función es la de:

visionar,

establecer objetivos, tener una visión del futuro y comunicarla,

energizar,

motivar e involucrar a su gente, y

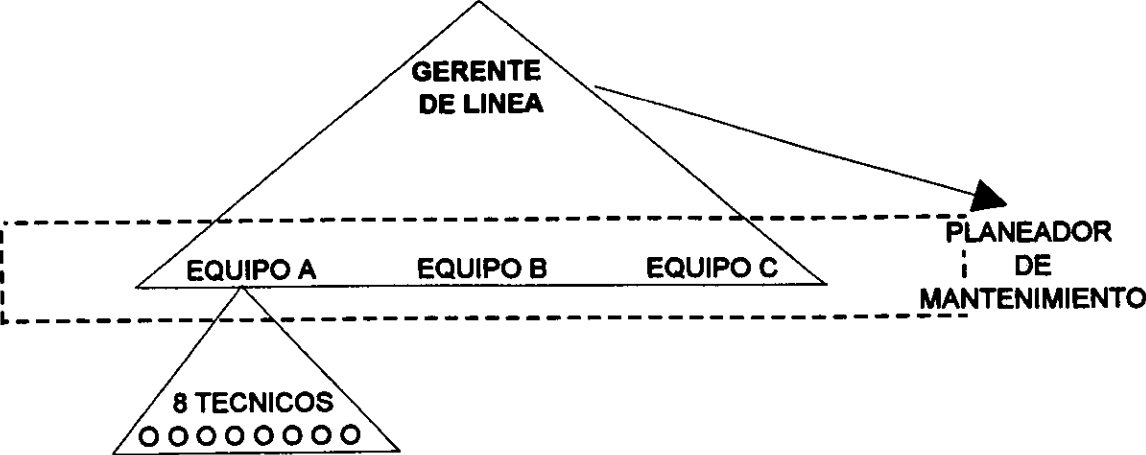
facultar,

obtener y proveer los recursos necesarios y asegurar de que su personal tenga los conocimientos adecuados.

El planeador de mantenimiento, como su nombre lo indica planea material, personal y procedimientos para mantener la línea de producción en un óptimo estado, evitando fallas y paros durante el tiempo de operación.

En cada equipo de trabajo, tres técnicos se encargan de la parte de llenado y envasado (llamados operadores), y mantienen las máquinas en condiciones de operación; cuatro personas están en la parte de empaqueo, y se encargan de armar cajas y depositar las bolsas de producto terminado en ellas, y la octava persona tiene diferentes roles, como pueden ser entrenamientos, trabajos de mantenimiento o limpieza principalmente.

FIGURA 1.4
Organización de una línea de producción



Los operadores, como su nombre lo dice, son los encargados de operar las máquinas, reparar fallas y generalmente hacer mantenimiento a la misma, ellos llevan el control de paros y fallas. Con estos datos se desarrollará esta tesis.

1.3.3 Materia Prima.

Las dos materias primas con las que se trabaja son: polietileno, cuyo calibre depende del tamaño del producto (en este caso vamos a trabajar con polietileno de 2 milésimas de grosor) y con polvo, que tiene algunas variables como son densidad, fluidez, granulometría y humedad.

A su vez contamos con muy variadas refacciones, partes, y un alto número de proveedores para las mismas, esto lo maneja un almacén central encargado de proveer y almacenar las refacciones y partes necesarias.

1.3.4 Propuesta de Mejora.

La propuesta de mejora de la confiabilidad llamado PRIM por sus siglas en inglés "Process Reliability Improvement Metodology", está enfocado hacia el área de administración de mejora continua diaria, teniendo una planeación con objetivos fijos en número y tiempo. Para lograr esto es necesaria la participación total del gerente de línea y técnicos, para desarrollar y perfeccionar la ejecución del mismo.

Esta propuesta es también una forma de motivación para los equipos de trabajo, en base a los reconocimientos de los buenos resultados obtenidos, como por ejemplo lograr ser "el mejor en su clase", que no sólo reconoce el trabajo sino establece un estándar o forma de trabajo para los demás.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINUA.

2.1 Recursos.

Las personas involucradas son un factor clave para el éxito de este método, por lo que es necesario que comprendan su rol y responsabilidades.

En este caso las personas responsables serán las siguientes:

* **Dueño del sistema (DS):** El/ella es responsable de los resultados de eficiencia de su área y por lo tanto de la coordinación de recursos y de tiempo para la implementación de la metodología.

* **Coordinador de producción (PC):** El/ella es el miembro del equipo responsable de asegurar que la información sea precisa, que esté completa y que se entregue a tiempo con el formato de recolección de datos por turno de su sistema o línea.

Aunque él/ella no sean los encargados de llenar todos los reportes de operación, su responsabilidad es la de asegurarse que todos los formatos estén correctamente llenados y centralizados para su procesamiento.

Dependiendo de la tecnología de software disponible, los formatos pueden ser reemplazados tecleando la información en un sistema computarizado de obtención de datos en tiempo real. El punto clave de este paso es la correcta introducción del código al sistema.

* **Equipo de línea (EI):** Estas son las personas que, en realidad corren la línea o el sistema durante un turno y por lo tanto son los participantes clave en el paso del análisis del área de oportunidad de este método. Ellos comprenden los beneficios de mejorar la eficiencia y reconocen al análisis de datos como una herramienta poderosa para lograrlo.

Una línea de empaque es un ejemplo de un equipo de línea, porque en él se centra la base de toda nuestra operación.

* **Soporte técnico (ST):** Es un grupo de expertos que ayudará al equipo de línea a identificar de una mejor manera las fallas técnicas en los sistemas o líneas, así como implementar contramedidas provenientes del análisis del área de oportunidad.

Este grupo de soporte técnico será liderado por el planeador de mantenimiento (PM).

Técnicos expertos, ingenieros de Proceso y Gerentes Técnicos son los integrantes del soporte técnico.

2.2 Prerrequisitos:

Para tener un verdadero avance en las mejoras, recomendamos tener los siguientes prerrequisitos:

*Sistemas de medición diaria de:

- tiempo muerto planeado y no planeado,
- velocidades reales y objetivas,
- pérdidas por desperdicio,
- programación del tiempo.

La metodología sugiere un sistema codificado, el cual tiene una definición numérica para cada interrupción en la operación, sea planeada o no. Dicho sistema también será desarrollado en esta tesis.

* Conocimiento básico de mantenimiento en conceptos como:

- análisis "Por qué- Porque"
- tiempo promedio entre fallas (MTBF),
- duración media de Falla (ATF).

* Una computadora para el procesamiento de datos una vez que los formatos de recolección de datos son generados y centralizados.

* Se tiene disponible un programa en Excel 5.0 para facilitar el procesamiento de datos.

Si las plantas tienen un sistema computarizado de obtención de datos en tiempo real conectada directamente a la operación, el procesamiento de datos podría realizarse en la misma computadora.

2.3 Descripciones claves del PRIM:

* **PR** Confiabilidad del proceso (Process Reliability) es la eficiencia en % de una unidad de operación durante un tiempo preprogramado.

$$\text{PR} = \frac{\text{PRODUCCION REAL} - (\text{PERDIDAS POR DESPERDICIO})}{\text{VELOCIDAD OBJETIVO} * \text{TIEMPO PROGRAMADO}}$$

* Tiempo programado = Tiempo de calendario -(Dias festivos + Corridas experimentales+Baja Demanda+Proyectos+Desastres naturales)

*Velocidad objetivo = Es una velocidad predefinida y fijado que asegura un máximo desempeño y calidad

*TSPR: Es la eficiencia en porcentaje de toda la unidad de producción. Es el promedio del P.R. de los departamentos que componen la unidad de producción.(v figura 2.1).

*Análisis del Gap: Es un plan de acción o actividad con fecha y responsable que eliminará una causa básica(de raíz) de algún área de oportunidad(de raíz).

*Tiempo muerto no planeado: es el período de tiempo en el que la operación de un sistema o equipo se interrumpe debido a una causa inesperada.

*Tiempo muerto planeado: es el período de tiempo en el que la operación de un equipo o sistema es interrumpida debido a una causa programada.

*Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) Es el promedio del tiempo en el que la misma falla en un sistema o equipo se repite.

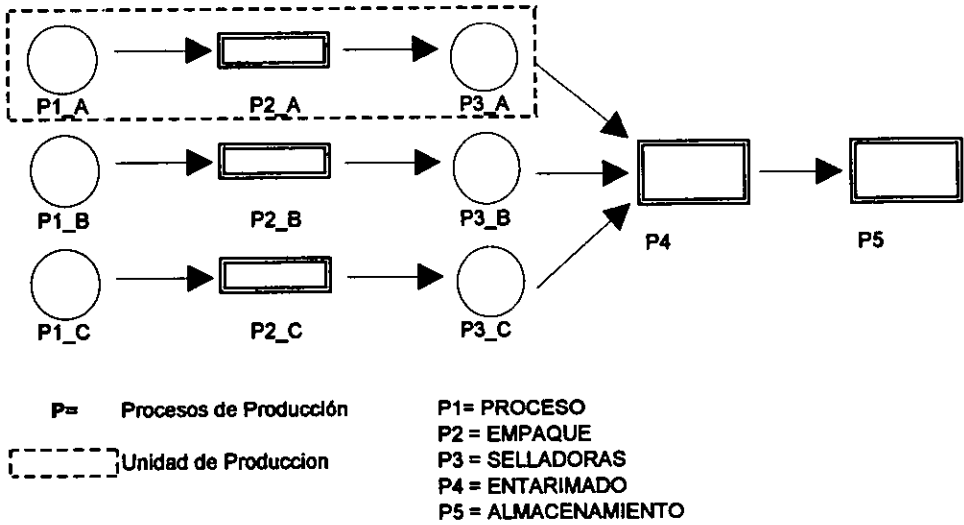
*Duración Media de Falla (ATF): Es el tiempo promedio de la duración de una falla específica.

*Hoshin: Es una metodología para la planeación de actividades y recursos, la cual está enfocada en algunas prioridades seleccionadas para avanzar en las mejoras a través de un proceso de cascada.

2.4 Demostración del desempeño

Esta metodología es aplicable para cualquier departamento de producción, en busca de una mejora en la eficiencia como una estrategia clave para la reducción de costos.

FIGURA 2.1
Flujo del proceso de producción



La metodología Comprende una secuencia de ocho(8)pasos: (v. figura 2.2)

Paso # 1 Sistema de generación de datos:

Paso # 2 Revisión diaria del desempeño de la línea.

Paso # 3 Captura y procesamiento de datos.

Paso # 4 Se establecen prioridades de áreas de oportunidad.

Paso # 5 Análisis del Gap vs.100% TSPR.

Paso # 6 Desarrollo/Ajuste de planes de acción.

Paso # 7 Ejecución de actividades.

Paso # 8 Seguimiento y medición del desempeño vs. planes hechos.

Los 8 pasos serán llevados uno a uno durante el desarrollo de esta tesis.

2.5 Beneficios:

Esta metodología ayuda en la mejora de la eficiencia por medio de una efectiva utilización de los recursos, en pocas prioridades seleccionadas por un proceso de análisis de datos con varios niveles de penetración. Es un ciclo continuo que reduce las pérdidas de la eficiencia de acuerdo con su impacto en magnitud . Como resumen, esta metodología provee los siguientes beneficios:

-Rápida reducción del gap entre la eficiencia y el 100% ideal.

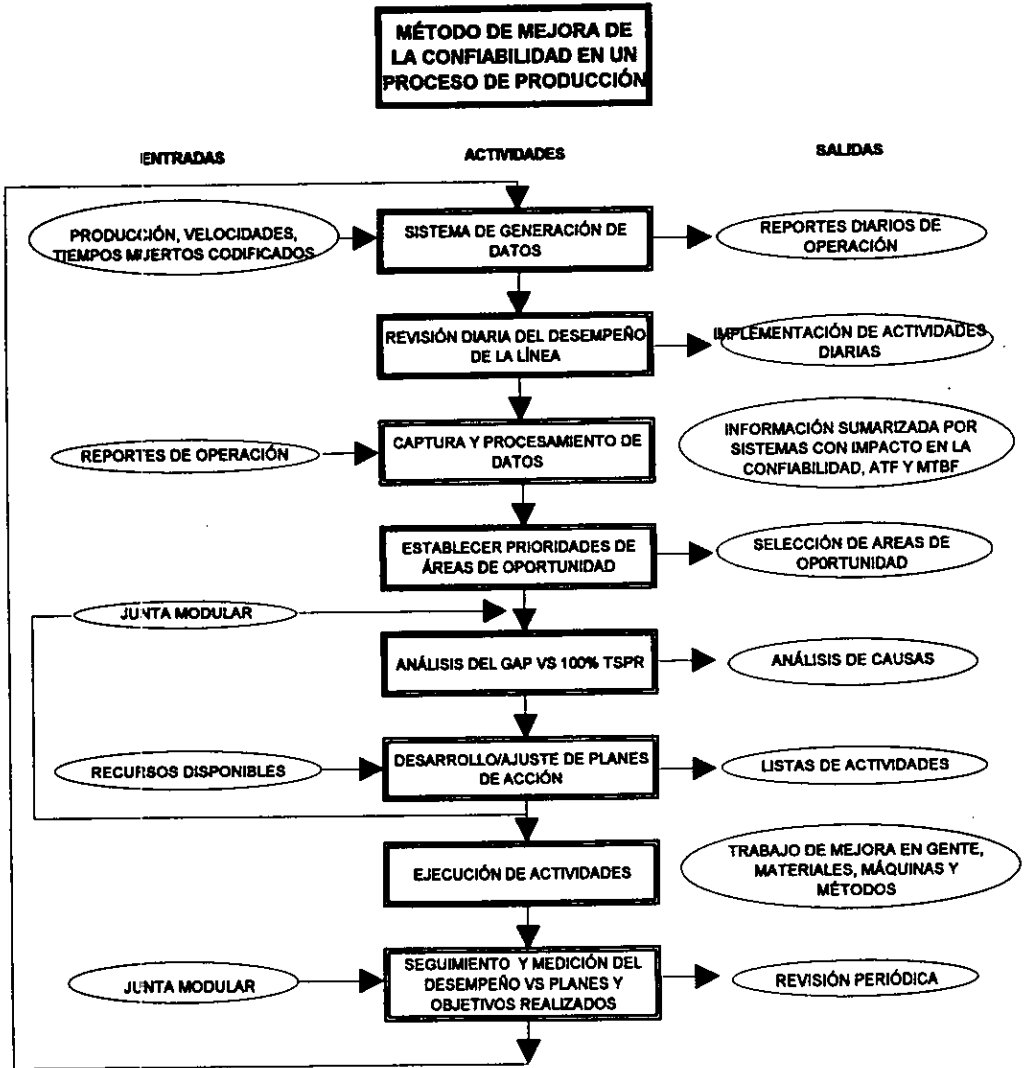
-Se establecen prioridades de áreas de oportunidad permitiendo a las organizaciones administrar sus recursos.

-Generación efectiva de planes de acción con base en datos con la correcta participación de los niveles de organización.

-Reporte estándar para las diferentes unidades de producción

Figura 2.2

Pasos de la metodología.



-Revisiones diarias, semanales, mensuales y trimestrales dinámicas y objetivas.

Obviamente este esfuerzo lo hacemos porque perseguimos un beneficio tangible para el negocio:

- Al reducir nuestros costos de operación**
- Al incrementar la ecuación de valor**

$$\text{Valor} = (\text{Desempeño} * \text{Disponibilidad})/\text{Costo}$$

2.6 Principios y lineamientos para este método:

Los siguientes principios y lineamientos han sido establecidos para la metodología:

Es importante e imprescindible seguir siempre estos lineamientos para asegurar que el sistema permanezca estable.

- 1.- El trabajo de mejora de la metodología no compromete la seguridad, higiene, calidad o el impacto ecológico del proceso de producción.**
- 2.- Las mejoras locales del TSPR en un departamento específico no ponen en peligro los resultados del resto de la planta.**
- 4.- Todo el personal de la planta comprende los beneficios de la mejora del TSPR.**
- 5.- Todas las funciones y posiciones en la planta representan una contribución a la mejora del TSPR.**
- 6.- Todas las áreas operacionales usan este método como una herramienta para mejorar los resultados del TSPR.**

CAPÍTULO 3. SISTEMA DE GENERACIÓN DE DATOS.

Actualmente se cuenta con un sistema en el cual los operadores registran los paros o fallas de la maquinaria manualmente. Este sistema nos ha ayudado a alcanzar un primer objetivo de 80% de eficiencia de las líneas.

Sin embargo los objetivos de eficiencia cada día van siendo más exigentes, y para alcanzarlos hay que atacar las seis grandes pérdidas.

3.1 Las seis grandes pérdidas.

Las seis grandes pérdidas es la clasificación de las fallas o paros por los cuales hay una disminución en la eficiencia de los equipos.

*** Averías.**

La pérdida por avería es aquella causada por los defectos del equipo que requieren cualquier tipo de reparación. Estas pérdidas, por ejemplo, consisten en que durante el tiempo de operación se requiere mano de obra y partes de repuesto para arreglar el equipo, y su magnitud o gravedad se define por medio del tiempo que dura el paro. Por ejemplo, cambio de un motor, reparación de una banda, corto circuito en un tablero, etc.

*** Preparación y ajustes.**

La pérdida por preparación y ajustes son causadas por cambios en las condiciones de operación, como los cambios de marca en las corridas de producción, arranques después de un paro de fin de semana o de mantenimiento o condiciones de operación. Estas pérdidas por ejemplo, consisten en tiempos muertos causados por: preparación, (como cambios en el equipo, cambio de piezas, herramientas) arranque, y ajustes. Su gravedad también se mide con base en el tiempo perdido de operación.

*** Paros menores.**

La pérdida por paros menores son causados por eventos como atorones, paros de la máquina o parpadeos eléctricos. En general, estas pérdidas pueden ser registradas después de una inspección del equipo. Cuando los operadores no pueden corregir los paros menores en un tiempo menor a 10 min. aproximadamente podemos considerar esta falla

*** Velocidad reducida.**

Las pérdidas por velocidad son causa de reducción de la velocidad de operación. Cuando el equipo no puede ser operado a su velocidad de diseño u objetivo. Cuando se incrementa la velocidad de diseño también ocasiona defectos de calidad o paros menores más frecuentes. Esta pérdida se mide en términos de velocidad real contra velocidad objetivo.

*** Defectos de calidad y retrabajo.**

Las pérdidas por calidad o reproceso son causadas por producto manufacturado fuera de especificaciones o defectos en el mismo durante una operación normal. Este producto debe ser reprocesado o desechado. La pérdida consiste en la mano de obra requerida o reproceso de productos y el costo del material desechado; su magnitud se mide por la relación entre productos de calidad y producción total. Algunas veces se diferencia la parte de producción en proceso para separarla por otros defectos de calidad como producto defectuoso durante arranques o ajustes.

*** Rendimiento reducido.**

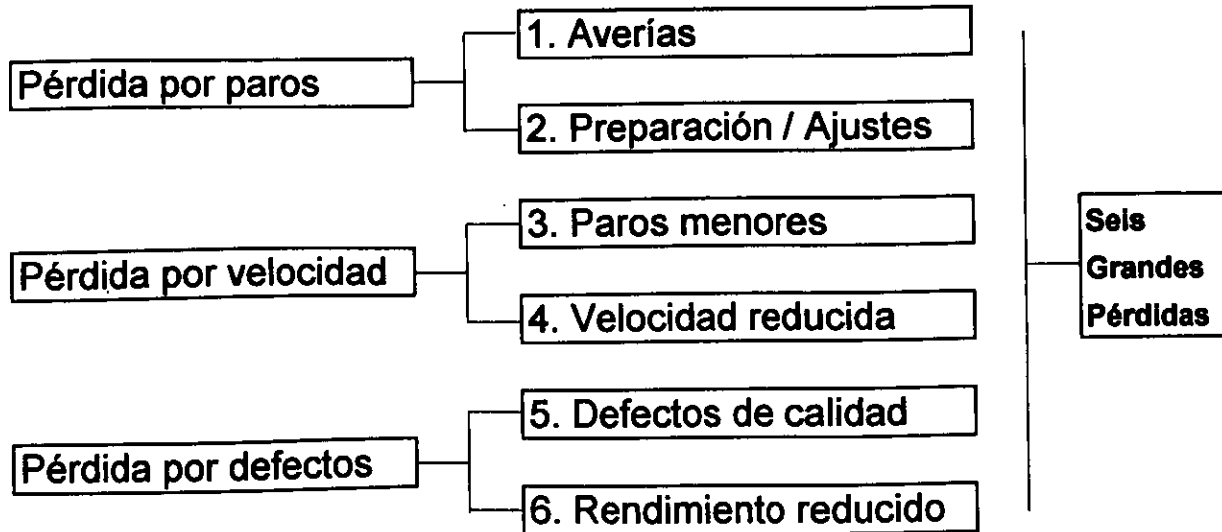
Pérdidas por rendimiento son causadas por utilizar materia prima defectuosa y se identifican por la cantidad de producto rechazado o desechado. La pérdida por rendimiento reducido se divide en dos grupos: el primero, es la pérdida por materia prima que resulta de diseño del producto, métodos de manufactura y restricciones del equipo. El segundo grupo, son el resultado de la pérdida por ajuste debido a defectos de calidad junto con la estabilización de las condiciones de operación al arranque o cambio de marca. (v. figura 3.1)

Para eliminar las seis grandes pérdidas, debemos contar con un sistema de información que nos permita identificar cuáles son y en dónde están. Con el sistema actual no podemos clasificarlas ni identificarlas, y las variables de salida que tenemos no nos permiten actuar para corregir nuestras pérdidas, ya que buscamos con el sistema de información modificar nuestras entradas para tener en control el proceso de producción.

En el desarrollo de este capítulo se va a establecer la base de los sistemas de información. Esta información debe ser veraz y oportuna para poder lograr los objetivos de este trabajo.

Figura 3.1

Estructura de las Pérdidas Causadas por maquinaria



3.2 Sistema de Codificación.

La estructura del sistema va a estar basada en un sistema de codificación, el cual consiste en dividir la línea de producción en sus diferentes sistemas, éstos en subsistemas y así sucesivamente hasta tener cuatro divisiones a partir de la línea prototipo completa, para lo cual utilizaremos cuatro dígitos en la codificación.

Para crear el sistema de codificación se escogió al planeador de mantenimiento de la línea, junto con el equipo de soporte para su desarrollo, ya que de esta forma aseguramos que los técnicos más expertos en la línea hayan contemplado todos los puntos críticos de la misma.

Los pasos a seguir fueron los siguientes:

1. Observación del equipo, en donde se identificaron los cinco principales sistemas de la línea, las materia primas utilizadas y los sistemas auxiliares del departamento.(v. fig. 1.1)
2. Subdivisión de los sistemas principales hasta un tercer nivel de profundidad. (v. tabla 3.1)
3. Verificación, una vez que se tuvo el cuarto nivel de profundidad se realiza un chequeo para confirmar que todas las máquinas coincidieran con los subsistemas y partes.
4. Complementación de la información, el cuarto nivel de profundidad se complementa con las características de la parte, para identificar más fácilmente la misma.(v. tabla 3.2)
5. Información, a los equipos de trabajo sobre el sistema de codificación de la línea.

El sistema de codificación se llevó a cabo en 250 hrs. hombre en total, identificando las partes más importantes en la línea de producción. (v. figura 3.2.1)

Tabla 3.1

Ejemplo de subdivisión de los sistemas principales.

SISTEMA		SUBSISTEMA		PARTE		PARTE	
Llenado	2000	Auger Feeder	2200	motor	2210	polea motriz	2211
				polea	2220	banda transmisión	2221
				fecha del clutch	2230	balero superior del clutch	2231
						balero inferior del clutch	2232
						bobina del clutch	2233

Tabla 3.2
Ejemplo de
subdivisión de los
sistemas
principales.

SISTEMA		SUBSISTEMA		PARTE		PARTE		CARACTERÍSTICAS
Llenado	2000	Auger Feeder	2200	motor	2210			1.5 HP 1800 RPM 180 V C D
						polea motriz	2211	5" X 7/8" CUNERO 3/16" CON BUJE TAPER LOOK
				polea	2220			8" X 1.1/8" CUNERO 1/4" CON BUJE TAPER LOOK
						banda transmisión	2221	NO° 38 X G 70
				flecha del clutch	2230			1. 1/8" X 5
						balero superior del clutch	2231	NO° W 305 PP
						balero inferior del clutch	2232	NO° W 205 PP
						bobina del clutch	2233	90 V C D 452 OMHS 1.99 AMP. 18 WATS (9405)

3.3 Recolección de datos.

Para tener la información completa en la elaboración del producto, necesitamos monitorear tres variables: producción real, condiciones de operación y tiempos muertos.

Ya con el sistema de codificación completo, fue necesario empezar a recopilar los datos de tiempos muertos de la línea con base en el sistema creado, formando una base de datos que almacene y genere los reportes necesarios para retroalimentar al sistema sobre las pérdidas del mismo.

La producción real nos sirve para poder monitorear nuestra eficiencia, comparándola con la producción teórica, de esta forma identificar nuestra área de oportunidad y el desperdicio que obtenemos del proceso. Para calcular la producción se suman los inventarios de cajas vacías inicial con las cajas transferidas, y se restan las cajas vacías finales, dando como resultado el total de cajas producidas. Por ejemplo :

Módulo	Tamaño	Inventario Inicial	Mat. Transferido	Inventario Final	Producción Real
1	72's	200	500	50	650
1	36's	150	1000	300	850
2	18's	250	1000	220	1030

Parece ser exacto este sistema, sin embargo, un 60% de los operadores tomaban mal los inventarios y en un 10% de las veces el material transferido no era el que teóricamente debería de llegar.

La velocidad nos ayuda a calcular la capacidad de utilización real de las máquinas, contra la capacidad teórica de las mismas. Las velocidades de las máquinas son reportadas por los operadores, y están calculadas con base en la velocidad promedio con la que se operó durante todo el turno.

Los tiempos muertos nos llevan a clasificar las seis grandes pérdidas, y de esta forma enfocar nuestros esfuerzos en eliminar las áreas críticas del proceso.

Para obtener los tiempos muertos, los operadores llenan en una hoja de reporte únicamente los principales paros de las máquinas, sin tomar en cuenta los paros menores a 15 min., los cuales eran muy frecuentes, y representan la mayor parte de las pérdidas.

Para solucionar las fallas en el cálculo de la información se mejoró el sistema en dos partes:

En la primera, se colocó un contador de cajas mecánico a la salida de cada línea, para llevar un control exacto de las cajas producidas.

En la segunda, se reunieron el gerente de línea, el planeador de mantenimiento y el equipo de trabajo diseñando un reporte de producción, basado en el sistema de codificación (v. figura 3.2.1), y tomando en cuenta las fallas más recurrentes y más graves, además se dividieron estos paros por cada una de las máquinas de la línea. (v. figura 3.2.2)

3.4 Reportes de salida.

El objetivo de los reportes de operación son: la sumarización de las pérdidas de la línea, la clasificación de las fallas por cada una de las máquinas y subsistemas, y conocer el área de oportunidad entre la eficiencia real y el 100% de eficiencia.

Para lograr los objetivos de los reportes se diseñaron los siguientes:

* Reporte de eficiencias. Este reporte indica gráficamente la eficiencia, producción real y tiempo de paros programados, por equipo de trabajo, en base diaria y lleva un acumulado mensual. Con este reporte monitoreamos la eficiencia, que es el objetivo final de esta metodología. (v. gráfica 3.1)

* Reporte de fallas por sistema. En este reporte se clasifican los tiempos muertos en los diferentes subsistemas. Muestra el tiempo perdido por cada parte, el tiempo promedio de falla (ATF), el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y la eficiencia perdida por sistema, subsistema y parte. (v. figura 3.3)

* Reporte de fallas por tipo de pérdida. Este reporte consiste en una matriz que compara sistemas con pérdidas. Indica qué tipo de pérdida se tiene para cada uno de los tiempos muertos y a que sistema pertenece. También se especifica el tiempo promedio de falla (ATF), el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y la eficiencia perdida por sistema, subsistema y parte. (v. tabla 3.3)

Figura 3.2.2 Reparto de Tiempos Muertos.

FECHA:	LÍNEA:	LADO:	MARCA:	TAMAÑO:	TURNO:	CUADRILLA:
	TUBO 1 (A)	TUBO 2 (B)	TUBO 3 (C)	TOTAL		
S. SISTEMA DE LEJADO						
1 Auger, Simplex guano y feneal						
2 Criba, Simplex						
3 Auger, falta estándar						
4 Falta en motorist						
TRIANGULO						
10 Falsocodo de registro (Ojo aléctrico)						
11 Tubo formador, Simplex						
12 Tubo formador, ajuste						
14 Tubo formador, cambio de tela						
15 Bello vertical, cambio de tela						
17 Bello vertical, ajuste						
19 Bello vertical, cambio de termopar						
20 Bello horizontal, cambio de codo						
21 Bello horizontal, cambio de tela						
22 Bello horizontal, cambio de zapata						
24 Bello horizontal, Simplex						
26 Bello horizontal, ajuste						
27 Botadores, sarabio						
29 Alambre de oerle, cambio						
30 Alambre de oerle, cambio de teflón						
31 Alambre de oerle, cambio de tela						
33 Alambre de oerle, cambio de zapatas						
34 Alambre de oerle, cambio de unidad Imputores						
ESPACADO						
42 Falta sistema/mando empacado						
43 Falta sistema/mando scrap						
44 Cuchilla, falta						
TRANSPORTADORES						
48 Sistema transportadores						
RECIPIENTES						
52 Sistema encendido						
PLANTAS						
55 Falta de conexión, riddler						
56 Falta de conexión, filtro						
AUXILIAR						
60 Falta en CCM						
61 Agua de contraluz, falta						
62 Presión de aire, falta						
PLANTA DE RECUBRIMIENTO						
65 Por proceso						
66 Por densidad						
67 Por cambio de malla						
68 Mala calidad del polvo						
PLANTA DE GRIETE						
70 Falta de grito						
INSTALACIONES						
72 Corrugado, falta						
73 Pulveriza, falta						
CONEXIONES						
79 Marca, cambio						
79 Tamaño, cambio						
80 Cambio de red						
TRABAJOS PROGRAMADOS						
84 proyector						
86 Pare por inventarios						
88 Juntas						
90 Mantenimiento						
90 Bajo demanda						

CONTROL DE CORRUGADOS		CONTADOR DE BOLSAS	
LADO 1		A/1	
INVENTARIO INICIAL		B/2	
CORRUG. USADOS EN TURNO		C/3	
INVENTARIO FINAL		TOTAL	

CONTADOR DE CAJAS	
-------------------	--

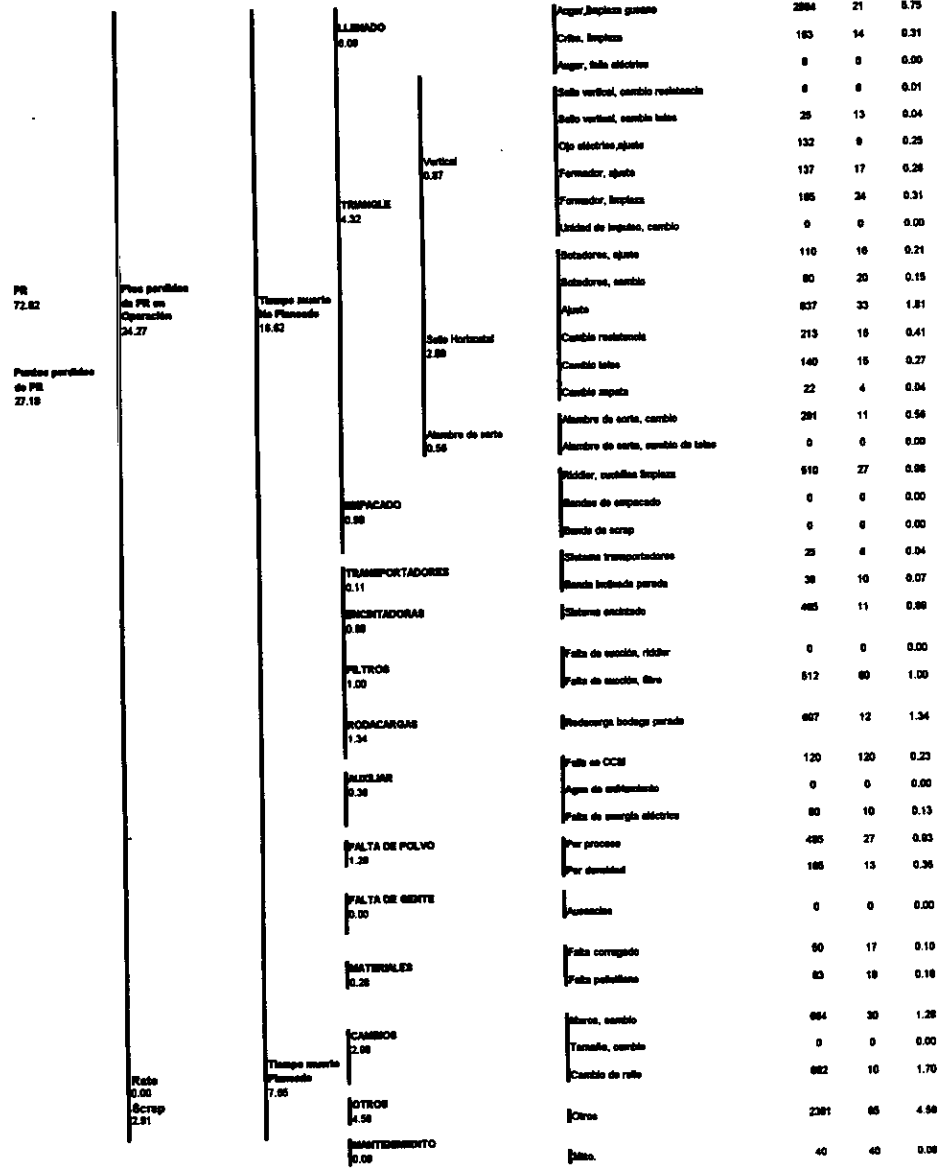
CONTROL DE POLIETILENO			
TUBO	A/1	B/2	C/3
INVENTARIO INICIAL			
KG. USADOS EN TURNO			
INVENTARIO FINAL			

Figura 3.3
Reporte de Tiempos Muertos

MEX 0

ESPACIO I

PROCESO FOTOTIPO



*** Gráfica de fallas mayores. Esta gráfica muestra las fallas más graves de acuerdo al tiempo de operación perdido por cada una, sin importar sistema o pérdida. Esta nos muestra más claramente cuáles son las áreas críticas de la línea, (v. gráfica 3.2)**

*** Resumen de eficiencias por línea. Este reporte es un resumen de toda la línea de producción en el que se muestra eficiencias, principales tiempos muertos y producciones. (v. figura 3.4)**

GRÁFICA 3.2 DIAGRAMA TIPO "PIE"

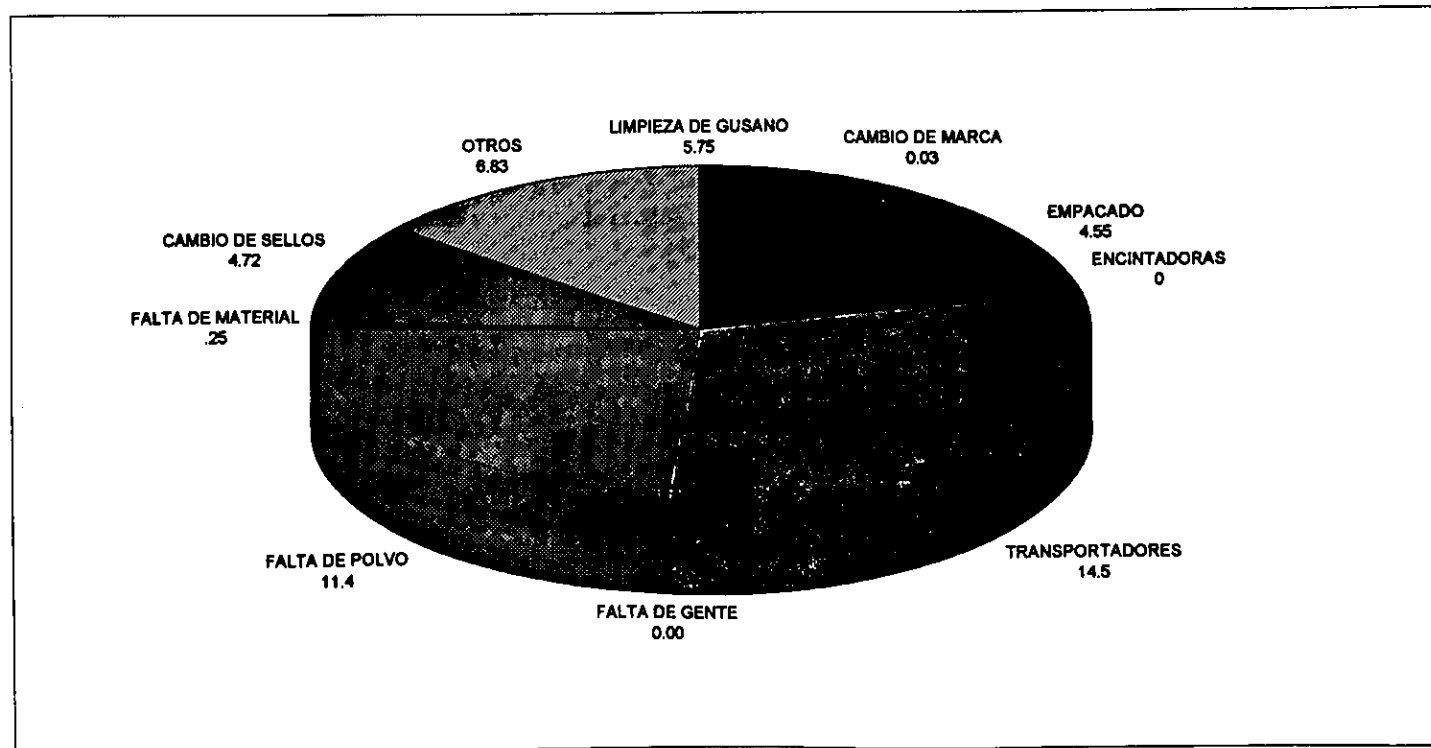
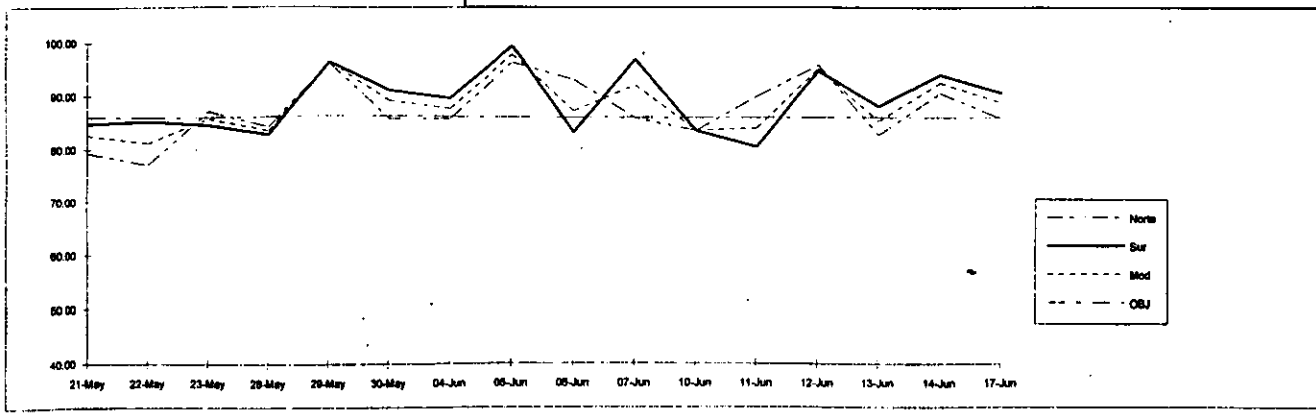
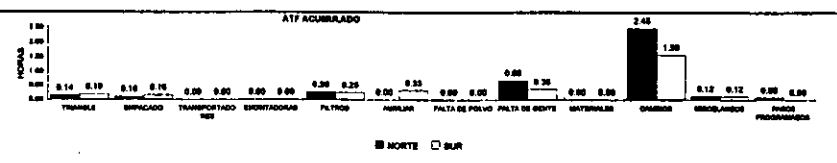
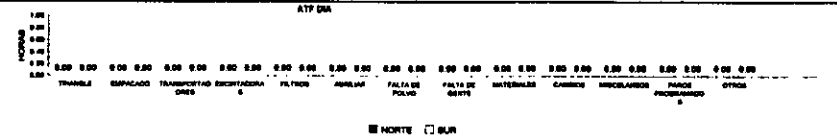
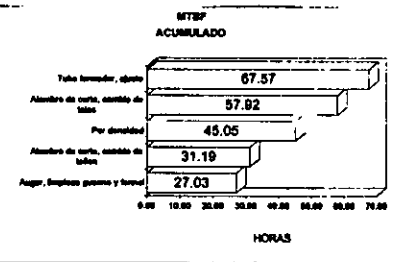
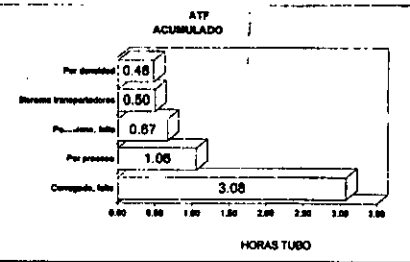


Figura 3.4 Resumen de Resultados

	MAY				JUN			
	PROG	PR	ACUM	PR	PROG	PR	ACUM	PR
SALVO	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
4	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
7	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
8	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
9	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
10	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
11	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
12	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
13	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
14	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
15	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
16	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
18	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
19	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
20	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
21	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
22	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
23	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
25	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
26	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
27	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
28	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
29	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
30	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
31	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
32	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
33	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
34	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
35	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
36	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
37	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
38	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
39	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
40	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
41	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
42	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
43	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
44	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
45	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
46	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
47	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
48	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
49	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
50	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
51	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
52	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
53	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
54	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
55	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
56	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
57	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
58	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
59	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
60	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
61	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
62	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
63	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
64	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
65	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
66	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
67	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
68	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
69	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
70	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
71	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
72	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
73	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
74	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
75	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
76	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
77	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
78	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
79	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
80	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
81	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
82	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
83	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
84	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
85	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
86	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
87	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
88	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
89	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
90	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
91	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
92	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
93	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
94	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
95	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
96	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
97	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
98	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
99	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
100	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00



CAPÍTULO 4. REVISIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA LÍNEA.

El propósito de la revisión diaria es analizar los resultados del día y generar 2 ó 3 actividades correctivas inmediatas para el día en curso.

Al principio de este paso se elaborará un plan de trabajo para la implementación del sistema, el cual se verificará en las revisiones diarias.

El equipo de línea debe programar una revisión diaria corta (15 min.) al final del turno, en donde se analiza el desempeño del día anterior de la línea, en la que el resultado de la eficiencia será comparado contra el 100% de eficiencia, para checar las áreas de oportunidad de la línea de producción.

Los reportes de operación del día anterior, así como la lista y estado de los planes de acción generados en la revisión mensual, son los materiales de las juntas, a las cuales deberá asistir el gerente de línea, planeador de mantenimiento y el equipo de soportes. La intención de la junta es la de planear actividades que nos ayuden a eliminar y prevenir fallas mayores o más recurrentes.

4.1 Plan de actividades.

Una de las partes más importantes en el seguimiento de una metodología es la implementación, pasar de lo teórico a lo práctico, es ahí donde grandes ideas se quedan como ideas y no se convierten en realidades.

La implementación de las actividades requiere de una planeación en donde debemos contemplar tanto el aspecto físico como el moral, es decir, hacer una comparación de la carga real de trabajo, entre el antes, durante y después de la implementación, para que la carga de trabajo no sea exagerada en ninguna de las etapas. El aspecto moral no es menos importante, ya que ahí entra la parte motivacional del individuo, y depende mucho de cómo se vende la idea, para que el personal la asimile, la acepte y la aplique.

Para lograr que los técnicos compren la idea, se involucren en el proyecto, y además se obtengan los resultados deseados, se diseñó el siguiente plan de implementación para los equipos de trabajo en la etapa de generación de datos.(v. tabla 4.1)

Tabla 4.1
Plan inicial de implementación.

No.	TEMA	ACTIVIDAD	TIEMPO
1	Entrenamiento	Conceptos generales Método de mejora Involucración de los equipos Uso de reportes Información sumariada	4 hrs.
2	Roles	Equipo de trabajo Planeador de mantenimiento Gerente de línea	2 hrs.
3	Seguimiento	Juntas diarias Revisiones diarias Revisiones periódicas	2 hrs.

El entrenamiento será impartido por el gerente de línea a sus equipos de trabajo, en donde los conceptos generales y el método de mejora forman la parte de introducción a la metodología (v. capítulo 2), desde este punto es necesario que queden claros los objetivos y resultados esperados durante la implementación.

La parte de involucración de los equipos consiste en crear la conciencia y sentido de responsabilidad de los mismos, haciéndoles ver la importancia de su participación para obtener el éxito o fracaso de la metodología.

También se entrenará a los equipos de trabajo en el uso de los reportes diarios de tiempos muertos (v. figura 3.2.2), y en la forma de analizar los resultados de los mismos.(v capítulo 3).

Los roles de los recursos que participan en la implementación, son descritos a los equipos de trabajo (capítulo 2) para saber su interrelación con los demás, y a su vez explicar que la función de cada recurso es muy específica e importante para que la cadena de información no se rompa y provoque un atraso en el plan de trabajo.

Para el seguimiento se crearon tres tablas diferentes:

* Juntas diarias, en esta tabla los equipos calculan la eficiencia y analizan las principales pérdidas durante el turno, obteniendo mediante un análisis sencillo las causas de los problemas y algunos planes de acción sugeridos por ellos mismos.(v. tabla 4.2)

Tabla 4.2 Formato de Juntas Diarias

FECHA:

--

CUADRILLA:

--

Prioridad	Tiempo Muerto (min)	Dónde	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Plan de actividades

* **Revisión Diaria**, ésta sirve para que el gerente de línea, planeador de mantenimiento y el grupo de soporte hagan un análisis diario para prevenir fallas mayores y facilitar la operación en la línea.(v. tabla 4.3)

* **Diagrama de revisiones periódicas**, es un diagrama con tiempos sobre el plan de trabajo. (v. tabla 4.4)

4.2 Resultados.

4.2.1 Entrenamiento.

Los objetivos de las sesiones de entrenamiento de cada uno de los equipos de trabajo fueron totalmente satisfactorias, cumpliendo los objetivos de conocimiento de la metodología, sus objetivos y metas así como la involucración de todos.

El material del entrenamiento fue suficiente para lograr los objetivos del mismo.

Los entrenamientos fueron impartidos a 26 técnicos de tres cuadrillas, incluido el planeador de mantenimiento.

Uno de los principales puntos que se analizaron durante las sesiones fue el tiempo necesario para llevar acabo esta tarea, para lo cual se hizo un estudio de tiempos que se describe a continuación:

	actividades	eficiencia	tiempo
antes	Al final del turno apuntar los paros que se tuvieron durante el turno. Cuento de inventarios inicial, transferido y final. Sólo se apuntan los paros mayores	40%	20 min al final del turno
después	Apuntar cada uno de los paros mayores o menores en el reporte de tiempos muertos (v. anexo 2) Cuento de inventarios inicial, transferido y final.	95 %	15 min durante el turno

Tabla 4.3 Formato de Revisiones Diarias

FECHA:
ELABORARON

sistema	Causa	Planes de acción	Status	Pérdida de eficiencia	Mantenimiento	Responsable
2000 Sistema de Llenado						
3000 Sello Vertical						
4000 Sello Horizontal						
5000 Sistema de Empacado						
6000 Sistema de Salida						
0000 Materias Primas						
9000 Servicios						

Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que era más eficiente, tanto en tiempo como en confiabilidad, el tener un reporte en donde sólo se anotara el tiempo en el rubro indicado. Incluso, se reducía el tiempo empleado por el operador al final del turno, evitando prisas y equivocaciones.

El principal aprendizaje durante la implementación de las juntas, fue la detección de las áreas más críticas de la línea, que fueron:

Por orden de pérdida de eficiencia

Sistema	Tiempo Muerto	(-)eficiencia %
2200	Limpieza Auger	5.754
4100	Sello Horizontal	2.893
4000	Cambio de marca	1.280
8100	Riddler	.983
	TOTAL	10.91

La eficiencia del sistema durante el período de revisión diaria del desempeño de la línea fue de 72.82%, de los cuales por problemas de operación de la línea se atribuye una pérdida de 23.29%, por lo tanto en las cuatro principales pérdidas tenemos identificado el 46.84% de las fallas en la línea de producción.

Las medidas diarias que se tomaron fueron las siguientes:

Tener un repuesto de gusano alimentador, para eliminar el tiempo perdido entre quitar, lavar y volver a colocar. Con esto se redujo de 21 min. a 14 min. este proceso.

También se modificó el procedimiento en el cambio de sello horizontal, teniendo un sello de repuesto, para que cuando se tenga una falla, se reemplace y no se tenga que arreglar en el momento. Se redujo el tiempo en 10 min.

Reforzar al personal de la línea en el procedimiento y rol de cada uno de los integrantes del equipo durante los cambios de marca. Esto redujo de 30 a 25 min el tiempo del cambio.

Otras reducciones de pérdidas alcanzadas en las juntas diarias son:

pérdida	reducción en %
falta de materiales	0.28
falta de gente	0.23
mantenimiento no planeado	1.08

Las juntas se cumplieron en un 87% . Las principales causas de que no se realizaran fueron entrenamientos, falta de gente y falta de líder para la junta.

Todos los cálculos anteriores se relizaron manualmente.

CAPÍTULO 5. CAPTURA Y PROCESAMIENTO DE DATOS.

El propósito de este paso es centralizar todos los datos generados en la línea prototipo y sumarizarlos. La base de datos generada de la recolección diaria de los formatos de operación será guardada en un sistema por computadora común, en donde podrán ser procesados y de esta forma obtener los reportes de salida (v. capítulo 3).

Una vez que todos los reportes son centralizados, con base en un análisis diario, un miembro del equipo o el planeador de mantenimiento deberá introducir en la base de datos común los datos del sistema.

Conforme a la codificación de los tiempos muertos, se desarrolló un programa en Excel que sumariza todos los datos con el objeto de almacenar los mismos y generar los reportes deseados.

Este programa consta de una base de datos en donde diariamente se capturan los reportes por cuadrilla, turno, tubo y tiempo muerto en minutos, así como información de la producción, desperdicio y velocidades de las máquinas, con el que se obtiene el cálculo de eficiencia. Al final de este proceso el programa genera los reportes.

El gerente de línea es el responsable del procesamiento de datos de los equipos. El coordinador del equipo es el responsable de recopilar los reportes de los turnos, lo cual no libera a los demás miembros del equipo de llenar correctamente dichos reportes.

La sumarización debe incluir todos los sistemas y equipos con impacto en la eficiencia así como los números del tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio de falla (ATF).

5.1 Cálculos de sistemas de medición.

La eficiencia se calcula:

velocidad ideal = velocidad con la que la máquina está diseñada para trabajar.

prod. real = producción durante un turno en cajas

prod. ideal = (velocidad ideal(bolsas/min)* 3 tubos * 1 min.)/No. de bolsas por caja

tiempo total = tiempo del turno - paros programados (min)

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{prod. real tubos 1,2 y 3} + \text{prod. real tubos 4,5 y 6}}{\text{prod. ideal} * \text{tiempo total} + \text{prod. ideal} * \text{tiempo total}}$$

Ejemplo,

velocidad ideal = 30 bpm (bolsas por minuto)

prod. real = 1500 cajas por lado

prod. ideal = (30(bolsas/min)* 3 tubos * 1 min.) / 20 bolsas/caja

tiempo total = 500 min - 100 min

$$\frac{1500}{4.5 * 400} + \frac{1500}{4.5 * 400}$$

eficiencia = 83.33 %

Con base en los reportes de tiempos muertos obtenemos el ATF y MTBF, los cuales se calculan de la siguiente manera:

ATF, se suma el número de fallas que hubo por el mismo evento, y se suman también los tiempos de cada una de ellas, y se divide la sumatoria de tiempos entre el número de fallas, por ejemplo,

No.	clave	tiempo (min)
1	4100	19
2	4100	13
3	4100	17

No. de fallas = 3

Tiempo perdido = 49

ATF = 16.33 minutos promedio por falla.

MTBF, se suma el número de fallas que hubo por el mismo evento, así como los tiempos que hubo entre que ocurrió una falla y otra, y se divide la sumatoria de tiempos entre el número de fallas, por ejemplo,

	clave	hora ocurrió	tiempo (min)
	arranque	0:45 hrs.	
1	4100	13:30 hrs.	765
2	4100	23:30 hrs	600

No. de fallas = 2
Tiempo perdido = 1365

ATF = 682.5 minutos promedio entre falla.

5.2 Resultados.

Se creó la base de datos de la línea prototipo.

Los responsables de capturar los datos fueron:

- * El planeador de mantenimiento.**
- * Coordinador de cada equipo de trabajo (al finalizar el turno)**

Los reportes y gráficas diseñados son generados por computadora en base diaria.

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS.

El propósito de este análisis es el de profundizar con la información obtenida las mayores pérdidas, las cuales previamente han sido seleccionadas así como identificar las principales causas de las mismas.

Aunque los responsables de esta parte son tanto el gerente de línea como el planeador de mantenimiento, el análisis debe ser también elaborado y discutido con el equipo de soportes técnicos y los equipos de trabajo.

Este paso representa la primera junta de la línea completa, cuyo propósito es el de desarrollar un análisis "por qué-porque" con tres niveles de penetración.

El análisis "por qué-porque" es un proceso que consiste en una serie de preguntas de Dónde, Qué y Por qué con el objeto de clarificar y penetrar en un problema. Por ejemplo:

- | | |
|-------------------------------------------|---------------------------------|
| 1. ¿ Dónde está la pérdida? | lugar |
| 2. ¿ De dónde proviene? | fuentes |
| 3. ¿ Qué es ? | tipo de pérdida |
| 4. ¿ Por qué...Por qué...Por qué ? | determina la ruta de las causas |
| 5. Desarrollo de una propuesta de mejora. | |

Este proceso se utiliza para encontrar el origen de un problema, ya que en la mayoría de los casos un problema o pérdida es ocasionado por varias causas.

El equipo seleccionará las 2 ó 3 causas básicas más importantes basadas en su contribución a la pérdida o como consenso del equipo. Esto se lleva a cabo únicamente con los sistemas que fueron seleccionados en el paso anterior, ya que de otra forma se diluiría la efectividad del trabajo y la energía de los participantes.

Para tener toda la información disponible a la mano, el líder de grupo debe reunir previamente los reportes diarios del sistema. Estos reportes serán utilizados también para identificar las relaciones potenciales entre versiones, cuadrilla, operadores, hora, etc.

Los análisis que se desarrollaron fueron los siguientes:

DÓNDE	DÓNDE	DÓNDE	POR QUÉ	POR QUÉ	POR QUÉ	CONTRAMEDIDA
4000 Envasado	4100 Carro	4175 Sello horizontal	Defectos de calidad	Mal armado de sello	falta de conocimien- tos	Entrenamiento a equipos de trabajo
				Pieza defectuosa	No cumple especificacio- nes	Búsqueda y/o desarrollo de proveedores
				No cumple especificacio- nes	Piezas hechizas	Búsqueda y/o desarrollo de proveedores
					Diferentes proveedores	Búsqueda y/o desarrollo de proveedores
					Proveedores de mala calidad	Búsqueda y/o desarrollo de proveedores
			No hay un estándar	Máquinas de diferentes diseños e ingenierías	Necesidades de crecimiento del negocio	Estandarizar al mejor diseño e ingeniería

DÓNDE	DÓNDE	DÓNDE	POR QUÉ	POR QUÉ	POR QUÉ	CONTRAMEDIDA
2000 Lienado	2200 Auger	2280 Gusano (-1.984 efic.)	Atascamiento	Acumulación de polvo en el fonel	Alineación del gusano	Alinear 1 vez por semana cada gusano
					Falta de seguimiento a rpm durante operación	No pasar de 450 RPM durante operación
					Tipo de polvo	Checar el polvo con los operadores de densidad
			Lavado durante operación	Ensucia el gusano	Determinado tiempo de uso	Piezas de repuesto para cambio rápido
					Tipo de polvo	Checar el polvo con los operadores de densidad
				Cambio de marca	Evita contaminación de polvo	Piezas de repuesto para cambio rápido

QUÉ	DÓNDE	DÓNDE	POR QUÉ	POR QUÉ	POR QUÉ	CONTRAMEDIDA
Cambio de marca	4000 Envasado	4300 Sist. de levación	Ajustes al dar carrera al carro	No hay estándar		Diseñar un estándar y control visual para cada tamaño
		4600 Porta rollo	Tiempo en traer el rollo	Se espera hasta la hora del cambio para traer el rollo	Falta procedimiento en los cambios	Elaborar un Procedimiento para cambio de marca
			Pasar polietileno por el triple loop	Se quita el rollo antes de poner el otro	Falta procedimiento en los cambios	Elaborar un Procedimiento para cambio de marca
	2000 Llenado	2200 Auger	Evita contaminación de polvo			Piezas de repuesto para cambio rápido

DÓNDE	DÓNDE	DÓNDE	POR QUÉ	POR QUÉ	POR QUÉ	CONTRAMEDIDA
8000 Sistema de Control de Polvo	8100 Riddler	8110 Ductería entre línea y separador	Acumulación de polvo	Generación de defectos y producto a reprocesar	Sello Horizontal	Plan de acción para carro
				Fugas en el sistema	Mal sellado en bridas	Cambiar empaque a bridas
					Hoyos en la ductería	Tapar hoyos
					Compuertas de diseño inadecuado	Rediseño de compuertas
					Compuertas mal selladas	Cambiar sello en el rediseño de compuertas
				Mal balanceo		Balancear el sistema

7.1 Desarrollo y Ajuste de Planes de Acción.

Durante la junta en la cual se realizaron los análisis para encontrar las causas básicas de las pérdidas, también los asistentes generaron los planes de acción con un responsable, fecha de implementación y contribución para la eliminación de la pérdida.

El MTBF y el ATF de los equipos son clave para la generación de contramedidas. Un problema de frecuencia, el cual significa un bajo MTBF requerirá probablemente de mantenimiento con el objeto de limpiar e inspeccionar para resolver el deterioro forzado del equipo; mientras que un problema de tiempo grande de falla necesitará conceptos como cambios rápidos, piezas de repuesto o un sistema en paralelo. Por eso la importancia de tomar en cuenta estos dos parámetros de medición.

También es recomendable tomar acciones específicas y en pequeña cantidad, para preservar la efectividad y enfoque en las mismas. Cada acción debe llevar un responsable, aunque él no realice la actividad, el cual debe darle los recursos necesarios, y verificar que se lleve a cabo en el tiempo programado.

Es importante tomar en cuenta otros sistemas (en este caso líneas) que no tengan este problema o que ya lo hayan resuelto, para tomar el ejemplo de el mejor en su clase y reaplicar experiencias. Esto puede ahorrar tiempo y esfuerzo en nuestro proceso de mejora.

Para los sistemas críticos de la línea, se tomaron las siguientes acciones: (v. tabla 7.1.1)

TABLA 7.1.1 Plan de Trabajo

PLAN DE EJECUCION		SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4				
LIMPIEZA DE AUGER		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Días																					
Programa de revisión del Auger																					
Partes críticas		■	■																		
Elaboración			■	■	■	■															
Frecuencia						■	■														
Entrenamiento								■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Formato para inspección en operación																					
Variables		■	■																		
Elaboración			■	■	■	■															
Entrenamiento								■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Verificación																	■	■	■	■	■
Programa de monitoreo de polvo																					
Identificar variables		■	■																		
Elaboración			■	■	■	■															
Entrenamiento								■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Refacciones																					
Proveedor		■	■	■																	
Entrega						■	■														
Entrenamiento								■	■	■	■	■	■	■	■	■					

En la tabla anterior se establecieron las tareas de acuerdo a las áreas en las que existe mayor pérdida, las cuales tienen las siguientes actividades:

7.1.1 Limpieza de auger.

En esta parte todo el equipo va a estar enfocado a eliminar con diferentes actividades, un 2 % de pérdida durante la primera semana de trabajo.

¿ Por qué un 2 % si la pérdida promedio es de 2.984 % ?. Esto se debe a diferentes razones; la primera es debida a que el gusano que alimenta las bolsas junto con el fonel, tienen un tiempo de uso confiable, porque el polvo se va pegando a ambas partes y vuelve al sistema ineficiente para control de calidad, específicamente control de peso. Esta limpieza provoca una pérdida de tiempo que no puede ser eliminada. La segunda, es porque las características del polvo cambian con las diferentes marcas, y el comportamiento del equipo varía de acuerdo al tipo de polvo, provocando mayor ineficiencia en unas marcas que en otras, y el polvo es una entrada al sistema y por lo tanto no depende del mismo.

En este plan es muy importante involucrar a los equipos de trabajo de la línea, ya que toda la pérdida depende de la parte de operación del sistema, aunque no estén como responsables es indispensable la participación de ellos durante todo el proceso.

7.1.2 Riddler.

Esta es la segunda área de oportunidad del sistema, en la cual es necesario enfocar todos los recursos del equipo para solucionarla.

Esta pérdida involucra diseño e ingeniería del sistema, por lo que no es tan importante la participación de los equipos, pero sí involucrar tanto a los soportes técnicos como al departamento de ingeniería de planta.

En este caso se piensa reducir sobre un promedio de (-) 2.47 % a un 1.5 %, esto es debido a que el sistema sirve para transportar desperdicio de la línea, y tiene una capacidad de 15 kg. por minuto aproximadamente, el problema es que uno de los seis tubos tiene una capacidad de 25 kg. por minuto, esto significa que si un tubo genera desperdicio durante un minuto consecutivo, éste va a saturar el sistema.

Si tomamos un promedio de desperdicio durante el turno, el sistema tiene una capacidad suficiente, pero en la realidad no se comporta así, sino que

existen durante el turno eventos pico en los que uno o más tubos generan desperdicio, y es cuando se satura el sistema.

Por lo que el 1.5 % de pérdida que se quiere eliminar con el plan de acción, es resultado únicamente de ineficiencias en el sistema Riddler, y el resto depende también de los planes para mejorar el sello horizontal.

7.1.3 Cambios de Marca.

Los cambios de marca son totalmente de la parte de operación del sistema, y radica en la organización y entrenamiento de los equipos de trabajo, y en procedimientos adecuados y ordenados que tengan el objeto de eficientar el cambio.

Como se mencionó anteriormente, el área de mejora es el tiempo que se lleva en realizar un cambio, por lo que se planea hacer un estudio de tiempos y movimientos y, en base a eso, realizar un procedimiento para cambios de marca.

Es importante que personal de la línea esté involucrado, pero el gerente de línea y el planeador de mantenimiento son los principales actores en el plan.

7.1.4 Sello Horizontal.

Esta es una pérdida más compleja, debido a que esta misma se subdivide en varias pérdidas que, juntas, suman la cuarta pérdida en el sistema y, además, - como veíamos en la pérdida por riddler - afecta a otros sistemas.

Por lo que se estimó un 0.65% de mejora con base en tener refacciones confiables y, sobre todo, tener al personal de la línea perfectamente entrenado en el armado y ajuste de sello horizontal.

CAPÍTULO 8. PLAN DE EJECUCION DE ACTIVIDADES.

En este paso se plantea el plan en el que las "cosas suceden" en la línea prototipo, siendo responsables de las actividades las personas que se comprometieron durante la elaboración de los planes de acción.

Las actividades de este paso harán referencia a la mejora en los sistemas de personal, materia prima o de empaque, modificaciones del equipo e implementación de nuevas tecnologías.

Todas las actividades anteriores se refieren a la aproximación de las 4 M's (v. tabla 8.1) las cuales forman el llamado diagrama de "hueso de pescado", el cual tiene como objetivo el ayudar a tomar en cuenta todas las variables y conceptos para resolver un problema, es decir, toma en cuenta todas las entradas.

Para implementar efectivamente esas contramedidas, el responsable coordinará todas las juntas de revisión como sea necesario para lograr el perfecto alineamiento y entendimiento de las personas involucradas en el cambio.

El resultado de este paso es el análisis de los recursos y necesidades para resolver las mayores áreas de oportunidad de nuestro sistema.

Para cada actividad se elaboró un diagrama para seguimiento de avances, con fechas comprometidas y un diagrama de hueso de pescado en el que contemplamos todas las entradas a nuestro sistema.

8.1 Limpieza del Auger.

La importancia de mantener el equipo en sus condiciones básicas (limpio, lubricado y ajustado), requiere de un equipo libre de deterioro. Para ello se elaboró un plan de mantenimiento el cual consiste en checar el equipo con base en periodos establecidos de tiempo; es decir, el mantenimiento en base a tiempo consistente en inspecciones, servicios y limpieza periódica del equipo y el reemplazo de piezas para prevenir fallas repentinas y problemas en el proceso.(v. forma 8.1.1)

Tabla 8.1
Tabla de las 4 M's

Materiales	Maquinaria	Método	Gente
Establecer las especificaciones de los materiales	Establecer las condiciones del equipo	Establecer los métodos a utilizar	Establecer las condiciones de operación
Adquirir materiales que no causen defectos	Inspeccionar el equipo para que no cause defectos	Buscar métodos que tengan como objetivo cero defectos	Desarrollar operadores competentes
Desarrollar proveedores	Mejorar el equipo	Mejorar métodos	Mediante TPM y desarrollo de habilidades
Desarrollar materiales que no causen defectos	Construir equipo que no causen defectos	Desarrollar métodos con el objetivo de alcanzar cero defectos	Detectar anomalías Corrección y restauración Mantener y Controlar

Crear y mantener

condiciones libres de defectos

Cero Defectos

Con esto garantizamos que el equipo se encuentre en buen estado, pero debemos tomar en cuenta que el equipo se debe operar con ciertas condiciones de operación, para lo cual se diseñó un formato para dar seguimiento a las variables más importantes del auger (v. forma 8.1.1). En este formato, para no aumentar la carga de trabajo y facilitar el llenado de los mismos, también se agregó la parte de sello horizontal, la cual veremos más adelante.

Además, para controlar la materia prima que llega, se hizo un programa de monitoreo de polvo, en donde se verifican las variables más importantes, las cuales son: densidad, fluidez y humedad del mismo, esto se realiza para garantizar que el polvo viene en condiciones ideales para ser empacado, y no cause problemas en el Auger y en el sello.

Para ser más específico, un problema de densidad baja provoca que la bolsa vaya muy llena provocando que a la hora en que sella la bolsa atrape polvo, de forma que el sellado sale débil. Un problema de poca fluidez o elevada humedad, provoca que el polvo no fluya y las bolsas vayan con peso bajo, o que el gusano y fonel se ensucien con mayor frecuencia, obligando a los operadores a limpiar el equipo.

Finalmente, para disminuir la pérdida de eficiencia por tiempo de lavado se compraron piezas de repuesto para hacer un cambio más rápido.

En la figura 8.1.3 puede observarse este proceso gráficamente. El plan de ejecución de la limpieza del Auger se muestra en la tabla 7.1.1.

8.2 Sello Horizontal.

Con base en el programa de desarrollo y buscando los mejores proveedores, se piensa evitar paros y fallas por defectos de calidad en las piezas, así como tiempo de reparación de los equipos por falta de estandarización de piezas.

Junto con el programa de proveedores, se lleva a cabo un análisis de las piezas y refacciones que utilizamos, esto con el objeto de tener las especificaciones correctas y las medidas adecuadas para el sistema.

Para poder completar el programa de proveedores, es necesario que los equipos hagan un buen uso de las piezas, además de conocer las piezas nuevas deben de saber cómo amarrar los sellos correctamente.

En la figura 8.2.1 puede observarse este proceso gráficamente. El plan de ejecución para sello horizontal se muestra en la tabla 8.2.1.

CHECK LIST DE CONDICIONES DE OPERACIÓN 72's Y CONTROL DE CALIDAD

LÍNEA/MÓDULO:

PESO

FECHA: _____

TURNO: 1' 2' 3'

MARCA: _____

CUADRILLA: A B C D

REALIZÓ: _____

TOLERANCIA: 253 g. +- 7.5 g. (246 MIN / 260 MAX)

PRODUCCIÓN PARA: (CIRCULAR)

MÉXICO

COSTA RICA

GUATEMALA

REP. DOMINICANA

VENEZUELA

OK

NO OK

<p>1. PESO</p> <p>MICROSET TARGET 253 g. PESO MIN 203 PESO MAX 303 AJUSTE FINO 50% Y 10% LÍMITE DE ERROR RANGO DE OPERACIÓN (420-450 RPM)</p> <p>BÁSCULA ESTA LIMPIA LA BALANZA TIENE LA TARA CORRESPONDIENTE</p> <p>ENVIA LA BALANZA LA SEÑAL</p>	<p style="text-align: center;">T1 T2 T3 T4 T5 T6</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">SI NO SI NO</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">T1 T2 T3 T4 T5 T6</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																																	<p>CHEQUE LIMPIEZA DEL TUBO FORMADOR CADA VEZ QUE LAVE EL GUSANO</p> <p>EXISTE DERRAME DEBIDO A LA ALTURA DEL PLATO? EL GUSANO ESTA EN BUENAS CONDICIONES? # DE VUELTAS</p> <p>EN CASO DE CAMBIO DE MARCA:</p> <p>HIZO PRUEBA DE LLENADO? # DE VUELTAS INICIALES TIEMPO DE DOSIFICADO VELOCIDAD TARGET (52 BPM TRIANGLE 70 BPM UVA 'S) VELOCIDAD</p>
<p>2. SELLOS TELAS COMPLETAS Y SIN DESGASTE ALAMBRE DE COFITE APRETADO ALAMBRE DE COFITE SIN DESGASTE MORDAZAS LIMP AS ESTAN ROTAS LA S RESISTENCIAS?</p>	<p style="text-align: center;">T1 T2 T3 T4 T5 T6</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																									<p>CENTERLINE (SI APLICA)</p> <p>TEMPERATURA SELLO HOR. TEMPERATURA SELLO VERTICAL TIEMPO DE SELLADO HOR. TIEMPO DE CAIDA EL TUBO FORMADOR ESTA LIMPIO?</p>																								
<p>3. REGISTRO Y ENCUADRE TUBO FORMADOR ESTA ALINEADO? ESTA CENTRADO EL POLIETILENO ENTRE EL PORTAROLLOS?</p> <p>4. CLAVEADORES LOS CLAVEADORES DE LA LINEA IMPRIMEN CORRECTAMENTE?</p> <p>LOS CLAVEADORES GENERALES DEL DEPARTAMENTO IMPRIMEN CORRECTAMENTE?</p>	<p style="text-align: center;">T1 T2 T3 T4 T5 T6</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">SI NO</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">SUR NORTE</p> <p style="text-align: center;">SI NO</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">SUR NORTE</p>																																									<p>5. PICA PICA LAS AGUJAS ESTAN EN BUEN ESTADO?</p> <p>6.- MATERIALES EL CORRUGADO Y POLY CORRESPONDE A LA MARCA Y TAMAÑO PROGRAMADO</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>SE DEBERAN PESAR TRES BOLSAS CADA 10 MIN. DE CADA TUBO QUE ESTE OPERANDO Y SE DEBERAN EVALUAR LOS ATRIBUTOS AL 100% DE CINCO CAJAS POR LADO POR TURNO, ES DECIR, 10 CAJAS POR LINEA POR TURNO. (TOMAR LAS CAJAS A LA SALIDA DE LA ENCINTADORA)</p> </div>								
<p>REGISTRO DE EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS (anotar en cada cuadro el numero de bolsas que presente el defecto)</p>																																																		
HORA	LADO	S. VERTICAL	S. HORIZONTAL	FALTANTES	SOBRANTES	ENCUADRE	REGISTRO	MUESTRADOR																																										

* SI UNA CONDICIÓN NO SE CUMPLE, CORREGIR DE INMEDIATO

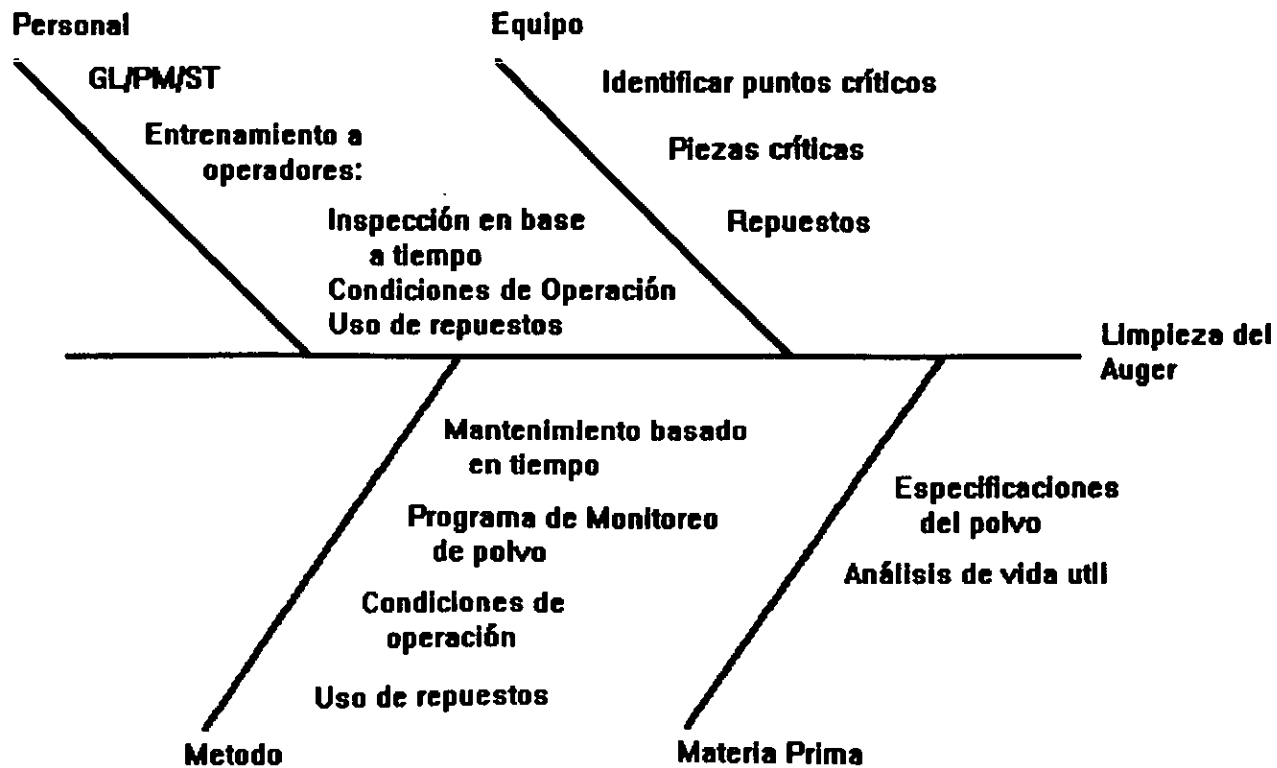


Figura 8.1.3
Diagrama "hueso de pescado" para limpieza de Auger

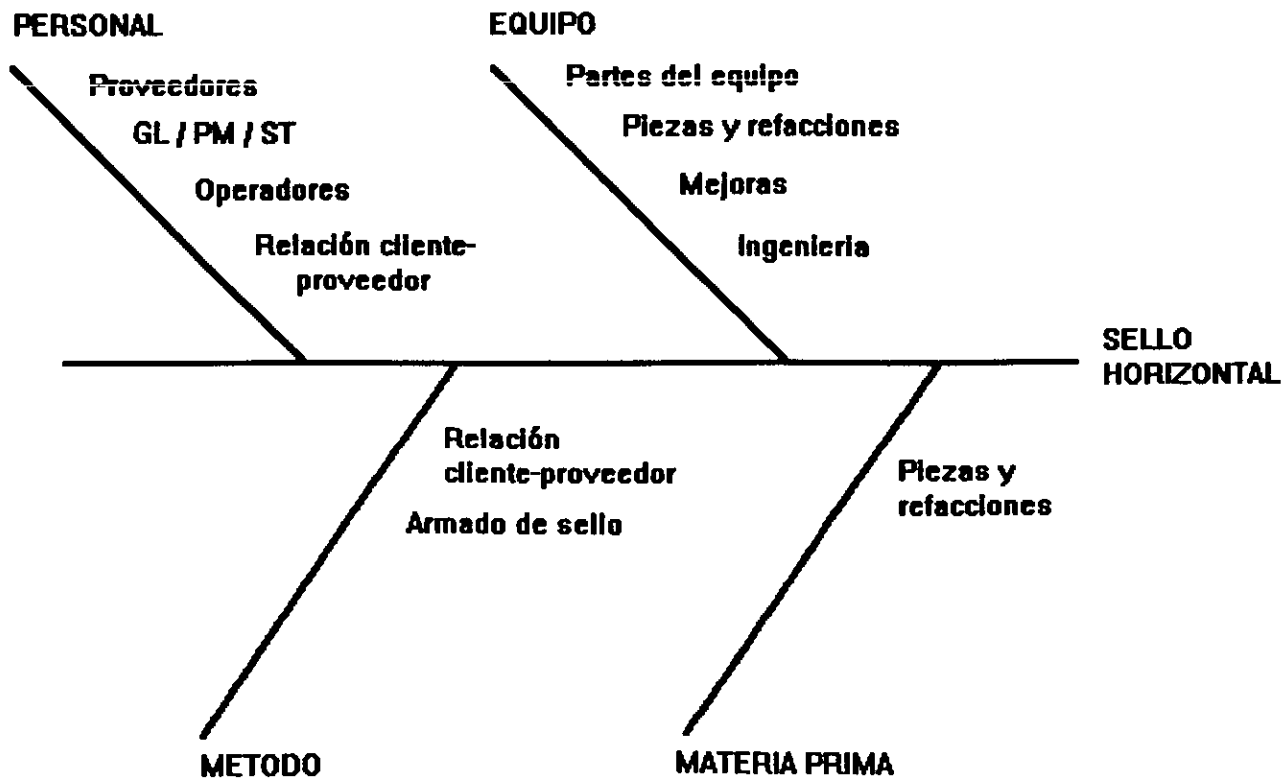


Figura 8.2.1
Diagrama "Hueso de pescado" para sello horizontal

8.3 Cambios de Marca.

Esta sección tiene como objeto elaborar un procedimiento de cambio, en el cual se definan el número de personas que efectúan el cambio, las actividades que deben hacer cada uno de ellos y las herramientas necesarias para realizar un cambio correctamente. A su vez, se estudian las modificaciones al equipo necesarias para ahorrar tiempos.

Cuando se tenga el procedimiento de cambio y las modificaciones en el equipo se debe entrenar a los equipos de trabajo en los mismos, para poder realizar pruebas y de esa forma afinar detalles y verificar las mejoras.

En la figura 8.3.1 puede observarse este proceso gráficamente. El plan de ejecución de los cambios de marca se muestra en la tabla 8.3.1.

8.4 Riddler.

En este punto se necesitan recursos externos para llevar a cabo los planes de acción, ya que se necesita de un contratista que se encargue de limpiar la ductería y de sellar hoyos y bridas de la misma, también necesitamos del departamento de ingeniería para diseñar las compuertas más adecuadas para el sistema, y llevar a cabo el balanceo del sistema riddler.

En la figura 8.4.1 puede observarse este proceso gráficamente. El plan de ejecución de la limpieza del Auger se muestra en la tabla 8.4.1.

TABLA 8.3.1

**PLAN DE EJECUCION
CAMBIOS DE MARCA**

	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					SEMANA 5				
Días	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Análisis de tiempos y movimientos																									
Toma de tiempos					█	█	█	█																	
Movimientos					█	█	█	█																	
Resumen									█	█															
Elaborar procedimiento																									
Movimientos										█															
Responsabilidades													█												
Pre-cambio													█												
Post-cambio														█											
Uso de Herramientas																									
Entrenamiento															█	█	█	█							
Pruebas																				█	█	█			
Verificación																							█	█	
Establecer procedimiento																									█

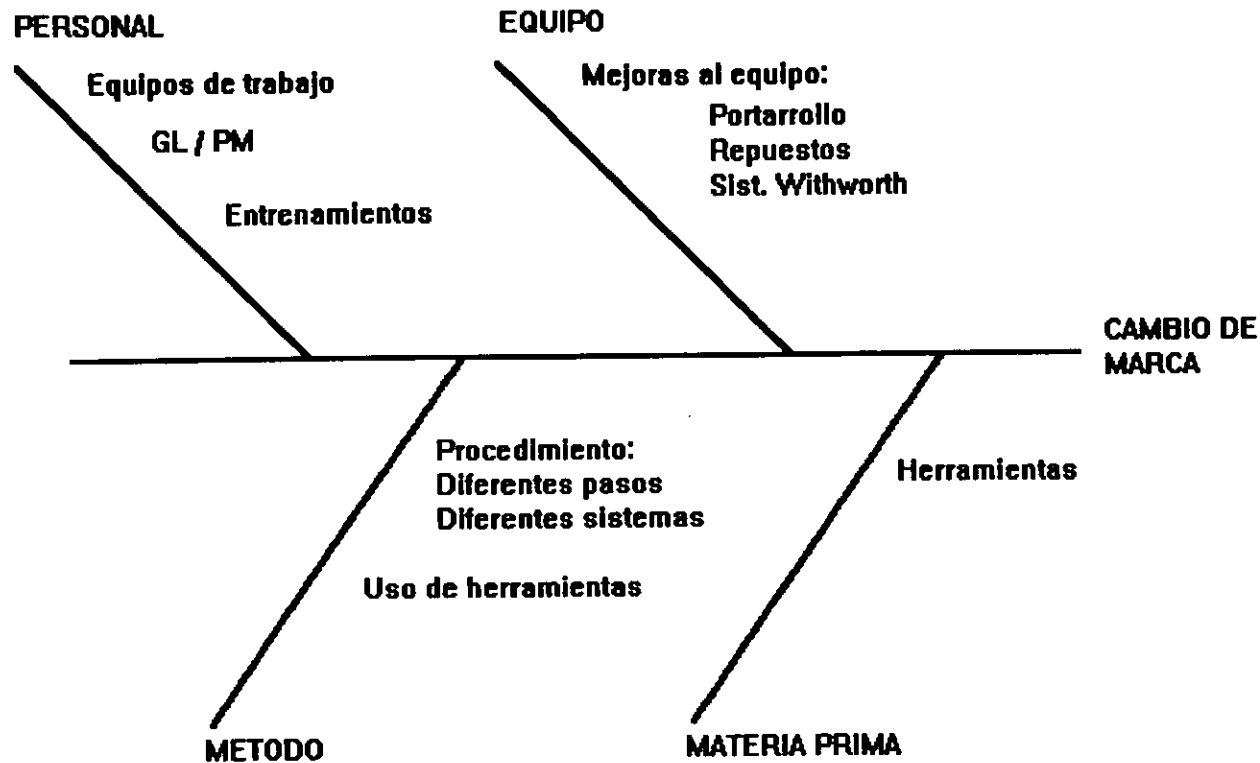


Figura 8.3.1
Diagrama "Hueso de pescado" para cambio de marca

TABLA 8.4.1

**PLAN DE EJECUCION
RIDDLER**

Días	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					SEMANA 5					SEMANA 6				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Limpieza del sistema																														
Contratar contratista	█	█	█																											
Limpieza de ductería			█	█	█																									
Sellar ductería																														
Identificar hoyos y bridas			█	█																										
Sellar sistema						█	█	█																						
Rediseño de compuertas																														
Prototipo						█	█	█	█																					
Prueba									█	█	█	█	█																	
Reaplicación											█	█	█	█	█															
Balanceo del sistema																														
Mediciones											█	█	█																	
Colocar placas de orificio														█	█	█	█	█	█	█										
Checar sistema																█	█	█	█	█	█	█	█	█	█					

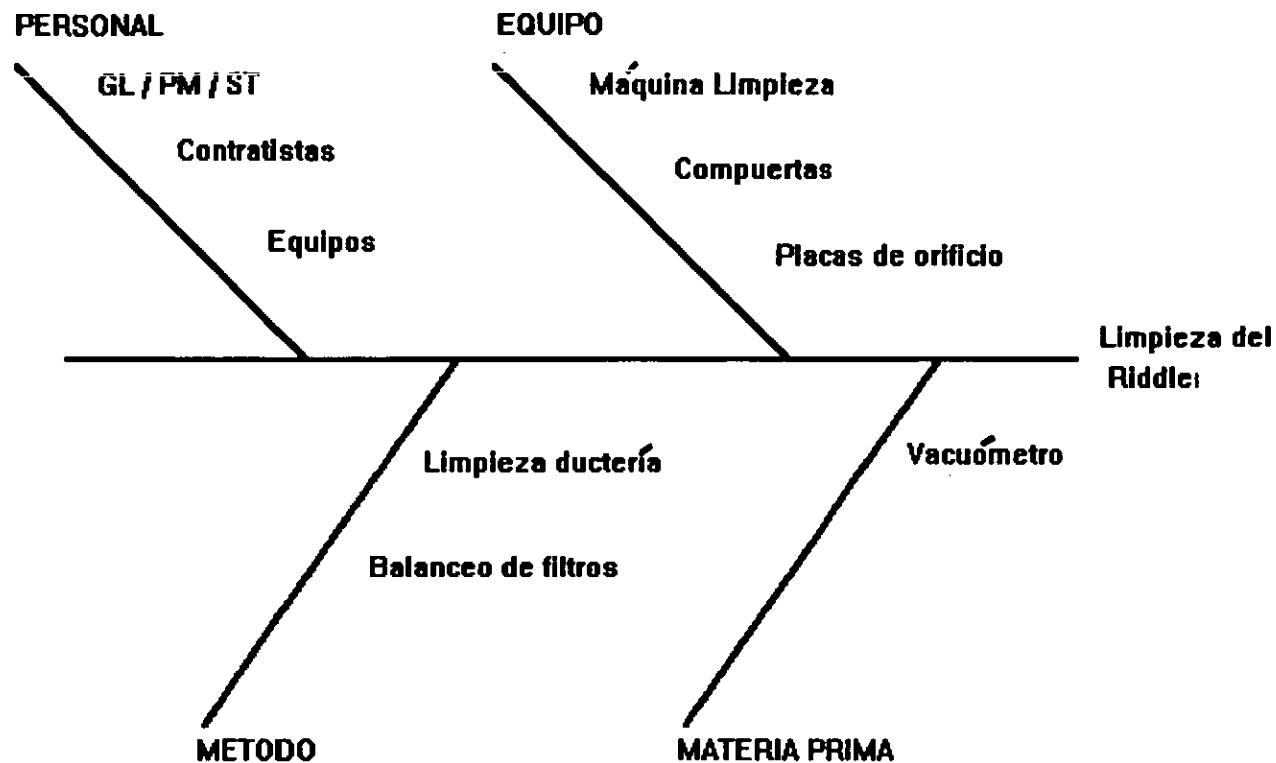


Figura 8.4.1
Diagrama "Hueso de pescado" para Riddler

FALTA PAGINA

No. **71**

CAPÍTULO 9. SEGUIMIENTO.

Con este capítulo se cierra el ciclo de la metodología de mejora continua. El objetivo es la comparación de los trabajos realizados y los resultados obtenidos con los planes de acción diseñados y resultados esperados.

Este análisis de resultados se hizo 8 semanas después de establecer los planes de acción, y los resultados fueron los siguientes:

Sistema	Tiempo Muerto	(-)efic. mes 0	(-)efic. mes 1	(-)efic. mes 2	(-)efic. mes 3	(-)efic. mes 4	(-)efic. mes 5
2200	Limpieza Auger	5.754	2.035	2.810	4.123	1.362	0.965
4100	Sello Horizontal	2.893	1.013	1.101	1.358	0.607	0.488
4000	Cambio de marca	1.280	1.75	1.32	.91	1.24	2.43
8100	Riddler	.983	2.74	2.9	2.47	0.175	0.0
	TOTAL	10.91					

9.1 Resultados del plan de ejecución para limpieza de auger.

Los números indican que la reducción del tiempo muerto por causa de limpieza de auger fue de 5.754 a 0.965 puntos de eficiencia desde el inicio de la metodología hasta el final. Se había planteado una reducción de 2 puntos de eficiencia sobre el promedio de los meses 1,2 y 3 como objetivo de los planes de acción (tabla 9.1). Se obtuvo un resultado de 0.965 puntos contra un promedio de 2.984 por lo que las actividades obtuvieron el resultado esperado.

En este caso, no sólo los resultados esperados se dieron, sino que también los planes se ejecutaron en el tiempo programado, se esperó un tiempo máximo de 17 días, y se cumplió con base en el programa.

Además, se logró entrenar a los operadores de las cuatro partes del programa en una sola sesión, lo cual efficientó el tiempo y esfuerzo, tanto del equipo como de los mismos operadores.

El plan de acción estaba dividido en cuatro partes:

Tabla 9.1

PLANES DE ACCIÓN DEL AUGER

ACTIVIDAD	FECHA	RESPONSABLE	CONTRIBUCIÓN
2200 Limpieza del Auger			2.0%
Elaborar programa de revisión del Auger	semana 1	PM	0.25%
Checklist de operación	semana 1	ST	0.5%
Programa de monitoreo de polvo en estación de densidad	semana 1	GL	0.5%
Comprar refacciones de repuesto	semana 1	GL	0.75%
4175 Sello Horizontal			0.65%
Elaborar un programa de desarrollo de proveedores	semana 4 a la 7	ST	0.20%
Elaborar un programa de búsqueda de proveedores	semana 4 a la 7	ST	0.20%
Entrenamiento en armado de sellos	semana 4 a la 7	PM	0.25%
Análisis de piezas	semana 4	GL	
Cambios de Marca			
Análisis de tiempos y movimientos	semana 2	GL/PM	0.5%
Elaborar Procedimiento			0.5%
Definir herramienta necesaria			
8100 Riddler			1.5%
Limpieza del sistema	semana 1	GL	
Sellar ductería (hoyos y bridas)	semana 2	PM	
Rediseño de compuertas	semana 2	ST	
Balanceo del sistema	semana 3	ST	

9.1.1 Programa de revisión del auger.

Para tener un programa de revisión del auger se definieron las partes críticas del auger junto con un programa de mantenimiento (v. figura 8.1.1). Se obtuvo el programa, se entrenó a los operadores de cada línea, haciendo énfasis en la importancia de mantener el equipo en condiciones ideales y de la responsabilidad que tiene cada uno de ellos para obtener los resultados planeados.

9.1.2 Formato para inspección en operación.

La parte más importante para este formato es la parte de identificación de las variables que más afecten tanto a la calidad del producto como a la eficiencia del equipo, y se obtuvieron las siguientes:

- * objetivo de peso
- * pesos mínimo y máximo programados
- * ajuste fino y límite de error
- * rangos de operación
- * limpieza de la báscula
- * limpieza del área
- * No. de vueltas del gusano
- * cambios de marca
- * velocidad

Con estas variables podemos no sólo corregir, sino prevenir las fallas de calidad o en el equipo, llevando un control estadístico sobre el comportamiento de las mismas.

El formato debe llenarse en cada turno de operación (cada 8 hrs.)

9.1.3 Programa de monitoreo de polvo.

Al igual que el punto anterior, era muy importante identificar las variables del polvo que más afectan al sistema de llenado. Y se identificaron las siguientes:

- * Densidad del polvo. Esta es la más importante, ya que la variación de densidad provoca cambios en el número de vueltas del gusano, a mayor densidad menor número de vueltas, y a menor densidad mayor número de vueltas. Esto provoca variaciones fuertes en el peso, y puede llegar a pasar que con una densidad muy baja el polvo no quepa en la bolsa.

* humedad y fluidez, influye mucho en la limpieza de gusano y fonel, ya que mientras más húmedo más rápido se van a ensuciar.

Ya elaborado el formato para el seguimiento a densidad, humedad y fluidez, se puso a prueba para verificar que estaba dando resultados. Efectivamente, en el momento de identificar un polvo fuera de las especificaciones, se rechazaba, evitando así problemas por calidad del mismo.

9.1.4 Refacciones.

En este punto de refacciones se buscó tener el menor tiempo perdido por lavado de piezas, por lo que se optó por tener 2 gusanos y 2 foneles de repuesto, para lograr llevar a cero el tiempo perdido, ya que, en vez de quitar - lavar - poner la refacción, sólo se necesita quitar - poner, y ya en marcha el tubo, se lavan las piezas.

Los auger son máquinas holandesas, por lo que se tenían dos opciones, la primera, era la de comprar las refacciones mediante una compañía que se dedica a la importación de piezas, y la segunda, era encontrar un proveedor capaz de dar la misma calidad a menor precio. Sin embargo durante las pruebas realizadas, el proveedor nuevo, daba un costo menor pero con una calidad muy inferior a la esperada. Se optó por comprarlos al proveedor original a través de un intermediario.

9.1.5 Otras actividades.

También se implantó un programa semanal para alineación del auger, mediante el cual se mantiene el gusano perfectamente alineado, evitando así paros por atorarse contra el fonel.

9.2 Plan de ejecución sello horizontal.

El objetivo para el sello horizontal era el de disminuir en 0.65 puntos de eficiencia de un promedio de 1.157 puntos de pérdida, el resultado en el último mes fue de 0.488 puntos perdidos, lo que nos indica que también se cumplió el objetivo.

En este caso se cumplió también el tiempo planeado original, sin embargo una de las tres partes originales va a continuar ya que no se cumplió el objetivo de esa parte.

Durante la realización de este plan de actividades se vió la necesidad de planear un proyecto para la modernización del sistema de embasado, el cual se hará con otro equipo de trabajo y fuera de esta metodología.

El plan se divide en tres partes:

9.2.1 Programa de desarrollo y busca de proveedores. y análisis de piezas.

Para eficientar el programa se eligieron las piezas más importantes del sello:

* tela, se probaron 12 tipos de tela con 3 diferentes proveedores, de las cuales solo 3 daban los requerimientos de duración (24 hrs.). Durante las pruebas una de las telas dió mejores resultados, con base en el tiempo y consistencia de la calidad en la misma.

Esta tela viene en pliegos de 1m x 1m, y los operadores la cortan a una medida de 6 cm x 20 cm, esto trae como consecuencia pérdida por retazos y tiempo, y por lo tanto se sigue trabajando con el proveedor para que la tela venga en rollos de 6cm de ancho, para evitar desperdicio y ahorrar tiempo.

* resortes, se manejan dos tipos, éstos únicamente se trabajaron con el proveedor para que mejorara la duración y calidad en los mismos, ya que la dureza del material y brío de los resortes eran defectuosas. Se continúa trabajando con el proveedor ya que no se ha alcanzado el objetivo de 72 hrs. de duración.

* cuerpo del sello, es un block de aluminio que tiene una vena por dentro por la que circula agua de enfriamiento, y tiene cuatro barrenos con cuerda, el problema aquí era que la vena venía más delgada de como se especificaba, y se tapaba con residuos que están en el sistema de enfriamiento, y que los barrenos que reciben cuatro pemos guías, no estaban alineados, provocando un desgaste forzado en la mordaza del carro. En este caso también se trabajó con el mismo proveedor, el cual dió las especificaciones requeridas.

9.2.2 Entrenamiento en armado de sellos.

Esta es la parte más importante dentro de las pérdidas por sello horizontal, ya que, además, de no tener las piezas con las especificaciones adecuadas, los operadores no saben cómo se debe armar un sello, para lo cual se desarrollaron tres CBA de armado de sello y se entrenó a los operadores en el mismo.(v. formas 9.2.2.1, 9.2.2.2, 9.2.2.3)

9.3 Cambio de marca

Si vemos los números que reflejan los resultados, podemos decir que después de implementar el procedimiento de cambios de marca, tenemos más pérdida, sin embargo, aquí entra otra variable:

En realidad, el ATF del cambio disminuyó de 86.66 min. a 55 min, sin embargo, la frecuencia de los cambios por necesidades de negocio (MTBF) disminuyó de 2636.68 min a 720 min, por lo que, aunque el tiempo que se tarda un cambio haya disminuido, aumentó el número de cambios.

Los beneficios que se obtuvieron al realizar el procedimiento de cambio de marca fueron los siguientes:

- * Reducir el tiempo muerto en un cambio de marca de 86.66 a 55 min en promedio.
- * Disminuir el desperdicio en los arranques.
- * Aumentar la seguridad e higiene durante el cambio.
- * Facilitar las tareas del equipo de trabajo.

Se elaboraron cuatro principios que son la base del cambio de marca:

- * Se considerará la actividad del cambio desde operación normal a operación normal tomando en cuenta el tiempo necesario de arranque.

s. CBA. en sus siglas en inglés " Current Best Aproach" que quiere decir: la mejor manera de realizar un trabajo.

C.B.A

CAMBIO RESORTE TENSOR DE RESISTENCIAS

LA MEJOR MANERA ACTUAL CONOCIDA PARA:

(NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA , LUBRICACION , O AJUSTE MENOR)

CUANDO SE DEBE
REALIZAR ESTE C.B.A.

Quando el resorte esté roto ó vencido

HERRAMIENTA
REQUERIDA

Tornillo de banco ,pinzas de punta, desarmador #4
y llave allen 3/32"

(QUE HACER Y COMO HACERLO)

PROCEDIMIENTO:
(PASOS A SEGUIR)

- 1.- Montar sello horizontal en tornillo de banco
- 2.- Desmontar te'a cobertura de resistencia
- 3.- Aflojar tornillos u opresores allen de sujeción de resistencias
- 4.- Desmontar resistencias y sacar resortes tensores rotos ó vencidos
- 5.- Colocar resortes nuevos y checar demás componentes
- 6.- Montar y tensar las resistencias con los opresores
- 7.- Colocar tela cobertura de resistencias, si es necesario cambiela
- 8.- Desmontar el sello del tornillo para próximo cambio

FORMA 9.2.2.2

C.B.A

CAMBIO RESORTE TENSOR DE RESISTENCIA

LA MEJOR MANERA ACTUAL CONOCIDA PARA:

(NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA , LUBRICACION , O AJUSTE MENOR)

CUANDO SE DEBE
REALIZAR ESTE C.B.A.

Cuando estén rotas, flameadas ó desgastadas

HERRAMIENTA
REQUERIDA

Tornillo de banco y desarmador # 4

(QUE HACER Y COMO HACERLO)

PROCEDIMIENTO:
(PASOS A SEGUIR)

- 1.- Coloque el sello horizontal en el tornillo de banco
- 2.- Desmonte tela cobertora
- 3.- Retire las resistencias aflojando tornillos u opresores
- 4.- Desmonte tela aislante
- 5.- Limpie perfectamente la parte frontal del sello donde van las resistencias
- 6.- Coloque la tela aislante cuidando que la parte con adhesivo quede fuera de la parte frontal del sello donde van las resistencias
- 7.- Proceda a montar las resistencias con la parte plana a la tela aislante
- 8.- La parte bice'ada de las resistencias deben quedar hacia el contrasello
- 9.- Al fijar las resistencias la parte cobrizada quedará fuera de la barra y sobre los blocks aislantes
- 10.- Las resistencias deben quedar templadas y parejas
- 11.- Los resortes tensores deben colocarse en su lugar
- 12.- Coloque la tela cobertora
- 13.- Desmonte el sello del banco y guardelo para el próximo cambio

C.B.A

CAMBIO DE RESISTENCIA SELLO HORIZONTAL

LA MEJOR MANERA ACTUAL CONOCIDA PARA:

(NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA , LUBRICACION , O AJUSTE MENOR)

CUANDO SE DEBE
REALIZAR ESTE C.B.A.

Cuando estén rotas, gastadas, marcadas, sin adhesivo etc.

HERRAMIENTA
REQUERIDA

Tornillo de banco y desarmador # 4 , llave allen 3/32"

(QUE HACER Y COMO HACERLO)

PROCEDIMIENTO:
(PASOS A SEGUIR)

- 1.- Colocar el sello en el tornillo del banco
- 2.- Retirar tela cobertora
- 3.- afloje opresores que sujetan las resistencias de un solo lado del sello
- 4.- desmonte resistencias de un solo lado para retirar la tela aislante
- 5.- Limpiar con jerga húmeda la base del sello donde van las resistencias
- 6.- Checar componentes del sello
- 7.- Colocar tela aislante nueva, cuidando que el adhesivo , quede fuera de la base del sello
- 8.- Colocar nuevamente las resistencias y templarlas con los opresores
- 9.- Colocar la tela cobertora nueva, cuidando que el adhesivo , esté fuera de las resistencias
- 10.- Colocar placas tensoras de telas y tornillos que sujetan la placa
- 11.- Retirar el sello del tornillo y guardarlo para el próximo cambio
- 12.- Coloque la tela cobertora
- 13.- Desmonte el sello del banco y guardelo para el próximo cambio

* Los tubos no deberán quedarse parados (no operación) en un cambio, más del tiempo que se necesite para quitar y colocar el tubo formador, ajustar y arrancar la máquina.

* Al parar la máquina no se deberán hacer actividades que se pueden hacer antes o después del cambio.

* Deberán hacer actividades de forma paralela en un cambio de marca.

Para la óptima organización de los equipos de trabajo se elaboraron los siguientes principios:

* Es necesario que el equipo de trabajo tenga, por lo menos, 7 personas.

* El equipo de trabajo deberá estar bien integrado para aprovechar las habilidades y la experiencia de cada uno de los integrantes a la hora del cambio.

El cambio de marca consta de tres etapas: antes, durante y después del cambio, las cuales se ven más claramente en las figuras 9.3.1 y 9.3.2. Además se elaboró un "checklist" donde se especifican los pasos a seguir durante un cambio (v. figura 9.3.3).

9.4 Riddler

Los planes de acción del sistema riddler fueron los más eficientes, ya que, no sólo alcanzaron el objetivo, sino que la pérdida se redujo de tener un promedio de 2.70 puntos a cero.

La importancia de este plan es que todo el equipo participó, se logró en el tiempo planeado y se alcanzó el cero, codiciado por todos. Simplemente se ejecutó el plan y se lograron superar las pérdidas del sistema.

Figura 9.3.1

DIAGRAMA DE FLUJO DEL CAMBIO

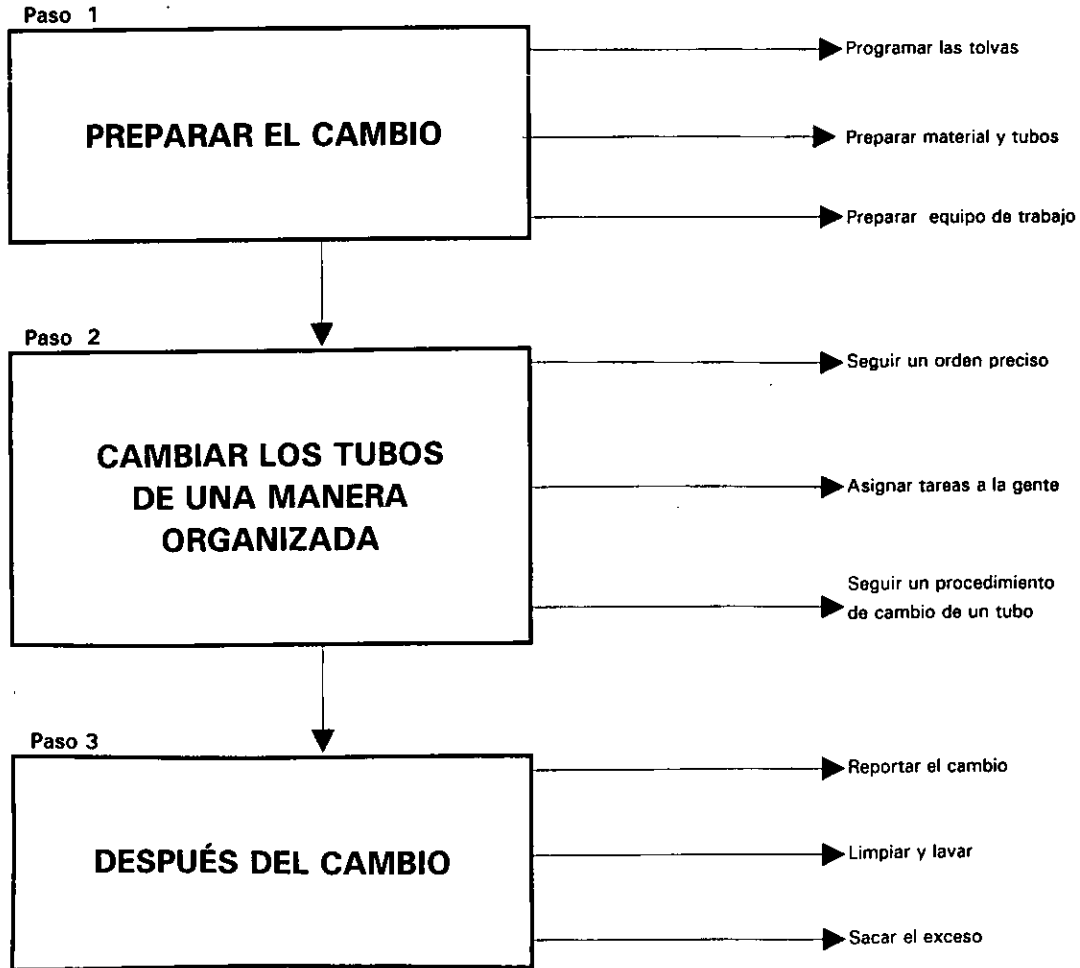
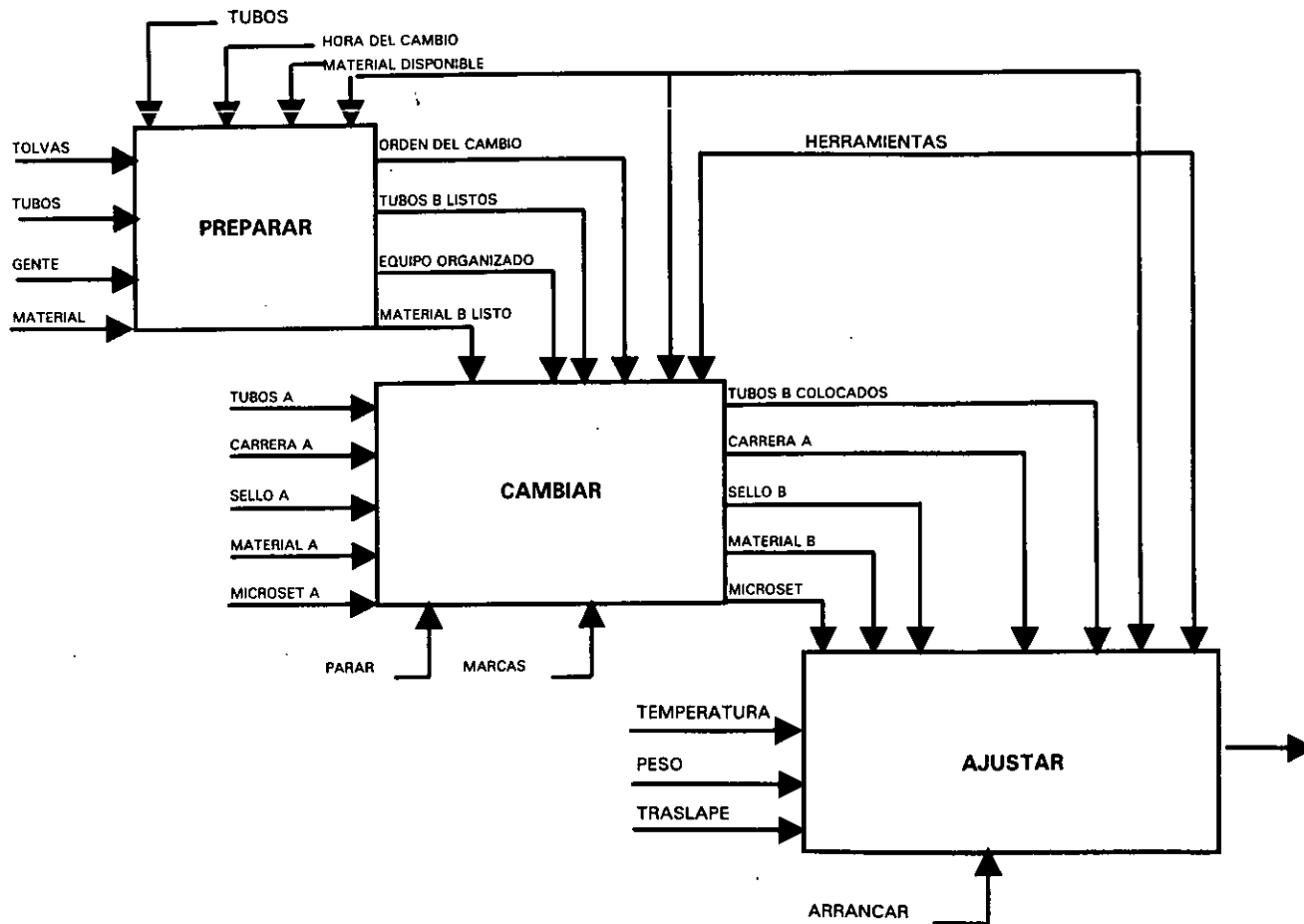


FIGURA 9.3.2



- 1 Cambio de una distribución A (Material, tubos, polvo) a una distribución B
- 2 Material = poly + corrugado

Figura 9.3.3

PASOS PARA EL CAMBIO DE TAMAÑO Y MARCA DE UN TUBO

#	ACTIVIDADES	TARGET	TIEMPO
1	Preparar el cambio		
	Preparar gusano y fonel		
	Preparar y bajar del mezzanine el tubo formador		
	Traer rollo de poly , colocarselos junto a la máquina		
	Tener corrugado listo		
	Tener herramienta necesaria para el cambio a la mano		
	Preparar el orden del cambio		
2	Parar máquinas		
	Seguir procedimiento de paro de máquinas		
	Desenergizar equipo , Criba en microset en "off "		
3	Embudo + gusano + criba		
	Interruptor del Auger en "off"		
	Bloquear compuerta de flujo de polvo		
	Quitar embudo		
	Abrir y limpiar malle de la criba (si es necesario)		
	Cambiar gusano y fonel (si es necesario)		
	Montar embudo		
4	Quitar y colocar el poly		
	Quitar rollo de poly		
	Cambiar de posición los rolos de acuerdo al nuevo tamaño		
	Colocar rollo de poly nuevo		
	Unir el poly nuevo con el poly anterior con cinta adhesiva		
	Pasar poly por ro-lillos y triple loop (si es necesario)		
5	Después del cambio		
	Reportar el cambio		
	Limpieza del área de trabajo		
	Sacar corrugado anterior y poly		
	Lavar tubos anteriores , colocarlos en su lugar		

CONCLUSIONES.

En esta última parte del trabajo de tesis, abarco tres puntos importantes:

* Primero, comentar los resultados cualitativos que se obtuvieron durante la ejecución que, aunque no es el objetivo de la metodología, hay puntos relevantes;

* Segunda, los comentarios sobre la implementación de la metodología, ventajas y desventajas y, finalmente,

Tercero, mis conclusiones personales sobre el trabajo de tesis.

Resultados cualitativos.

En esta parte explico los beneficios que no son cuantificables por el momento, pero que ayudan a incrementar tanto los conocimientos como la motivación del personal y que, posteriormente, ayudan a mejorar la eficiencia del personal.

* Se crea un equipo de gente experta en la implementación de la metodología del PRIM. Cada una de estas personas que participaron en el equipo es un entrenador que puede reapplicar la metodología en cualquier área de la planta, sobre todo al ver que se obtienen en un corto y mediano plazo los resultados deseados.

Con esto se siembran las buenas semillas en diferentes áreas de la planta, y sin necesidad de impartir un curso a nivel planta, la metodología se empieza a divulgar a través de cada uno de los participantes, obteniendo así no sólo resultados en una línea sino a nivel global.

* Es una metodología interactiva. Muchas veces lo que sucede con proyectos para mejora de los equipos y eficiencias, es que un área X de la planta llega a la línea de producción a montar su idea o diseño, sin tomar en cuenta la opinión y experiencia de los operadores, lo cual provoca dos cosas: una, que los operadores tengan un rechazo al proyecto, porque no lo siente como propio, o que se les haya tomado en cuenta; y, otra es que el proyecto no tiene los mayores beneficios, ya que como no se tomó en cuenta la opinión de la gente de operación, muchos detalles se pierden.

En este caso sucede lo contrario, ya que la gente de operación participa en el equipo y además se consulta con los demás, para elaborar los planes de acción, por lo que los operadores sienten propio el proyecto haciendo más fácil su implementación.

* El personal técnico conoce más su equipo. Durante una operación normal y rutinaria, los operadores pierden el sentido o la habilidad de detectar defectos en su área de trabajo, se van acostumbrando a vivir con ellos, con esta metodología, los operadores retoman esta habilidad perdida al analizar a profundidad las fallas en el equipo, y además se preocupan por el mismo, para mantenerlo en las condiciones ideales de operación.

Además, los operadores entienden la importancia de controlar las entradas al sistema, es decir, las condiciones de operación, porque de esa forma las salidas o bolsas de producto saldrán de acuerdo a las especificaciones requeridas.

* Una parte muy importante, es el entrenamiento sobre algunos sistemas del equipo en los diferentes equipos de trabajo. Estos recibieron un entrenamiento sobre el auger, sello horizontal, cambios de marca y sistemas de control de polvo, lo cual hace que todos los integrantes tengan la capacidad de resolver un problema en caso de que se presente, además de que al conocer el equipo evitan riesgos innecesarios de seguridad. Este fue un punto clave para el éxito de la metodología.

* Y la parte motivacional, ésta es la que yo considero la más importante de los resultados cualitativos.

El personal técnico es el que finalmente va a realizar los trabajos, y mientras más motivada esté por su trabajo, mejores resultados vamos a obtener de ellos.

Algunos de los puntos importantes son: hacer que sus comentarios, sugerencias y opiniones, sean tomadas en cuenta para la toma de decisiones, que se sientan parte del proyecto y participen en él, que no lo vean como algo extraño u otro nuevo invento que no va a funcionar. Un punto importante es que al ver que los demás se interesan por el equipo o por eficientar sus sistemas de trabajo, sienten apoyo por parte de la gerencia, esto hace sentir al personal importante, y que su bienestar es también importante.

Como Metodología.

Esta metodología tiene tanto ventajas como desventajas. Es útil bajo las siguientes condiciones:

- * Un área de oportunidad en eficiencia mayor a 20%.
- * Tener un equipo de trabajo disponible fuera de operación.
- * Apoyo gerencial hacia el proyecto.
- * Tener un líder formal del equipo.
- * Compromiso de cada uno de los integrantes.

Ventajas.

- * Se logran los resultados si se siguen los pasos establecidos.
- * Metodología fácil de seguir.
- * Interacción entre operadores y áreas de soporte.
- * Se obtienen los resultados cualitativos mencionados anteriormente.
- * Integración en los equipos de trabajo.
- * Da resultados a corto y mediano plazo.

Desventajas.

- * Para obtener resultados con un área de oportunidad pequeña (menor a 2 puntos de eficiencia), se necesita un análisis "por qué - porque" con más niveles, además de personal más especializado.

Probablemente se requiera de un área de soporte externa que analice con más detalle los problemas.

- * Requiere de un equipo que se dedique tiempo completo al seguimiento de cada uno de los pasos.

Trabajo de tesis.

Durante el desarrollo de este trabajo de tesis, independientemente de los resultados obtenidos, que ya mencionamos en el capítulo anterior y al principio de éste mismo, quisiera mencionar las conclusiones a las que he llegado sobre la parte gerencial y humana como cierre de este trabajo:

* Desgraciadamente se ha perdido el valor de tratar a las personas como tales, y no como partes de una máquina. Nos debemos dar cuenta de que la persona, mientras más retante sea su trabajo y lo motive a ser mejor, mejor va a ser el desempeño de las personas, las cuales van a alcanzar un nivel mayor de desarrollo en la parte del ser, esto nos va a ayudar a lograr los resultados que la compañía requiere.

* No hay que limitar las ideas de las personas por dos razones, que ya mencionamos: la primera, por razones de motivación, y la segunda, por que la experiencia es un punto muy importante para tomar en cuenta en cualquier proyecto.

* El trabajo en equipo es un factor indispensable en el desarrollo de un proyecto, ya que una persona es muy difícil que domine todas las áreas, además de que la capacidad de análisis, creatividad y tiempo disponible de trabajo limitaría las soluciones.

* El liderazgo que debe ejercer el líder del proyecto hacia el equipo de trabajo debe ser situacional, ya que cada persona o subequipo tiene un nivel diferente de responsabilidad y autonomía.

BIBLIOGRAFÍA

- Procter & Gamble
PRIM Método de Mejora de la Confiabilidad
México, D.F., 1992

- Tokutaro Suzuki
TPM In Process Industries
Ed. Productivity
Portland, Oregon 1992

- Eliyahu M. Goldratt
La Meta
Mc. Graw Hill
2a. Edición
Monterrey, N.L. 1992

- Seiichi Nakajima
INTRODUCTION TO TPM
Ed. Productivity
Cambridge, MA. 1988

- Eliyahu M. Goldratt
Theory of Constraints
North River Press, Inc.
Corton-on-Hudson, N.Y. 1990