



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ARAGÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO EN  
UN LÍNEA DE ENVASADO DE BEBIDAS”**

TRABAJO DE TESIS QUE

PRESENTA:

MISAEAL DE JESÚS RÍOS MARTÍNEZ

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

ASESOR: ING. ISMAEL HUITRÓN MARQUEZ

MÉXICO, 2011





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.

## DEDICATORIAS

A mis padres con todo mi amor, por guiarme a través del camino correcto de los valores y la educación, quiero que sepan que aprendí la lección y siempre les estaré agradecido. Sé que como padres tomaron decisiones difíciles respecto a la familia, sin embargo estoy feliz porque ahora entiendo que fueron decisiones sabias y llenas de amor.

Normi, tenemos toda una vida juntos y es mucho lo que nos falta recorrer, mas no tengo las suficientes palabras para decirte lo mucho que te amo y lo agradecido que estoy por tu amor, paciencia y comprensión, siempre estas a mi lado en cualquier situación y este hecho en particular es definitivamente un logro como pareja y solo uno más de los muchos que alcanzaremos juntos. Te amo infinitamente y sin duda eres la razón de mi vida.

Misa y Sab, Mis dos enormes retoños, llenos de vitalidad y energía, quiero ofrecerles una pequeña muestra de que nunca es tarde y siempre es momento para continuar ó retomar nuestros proyectos de vida. Tal vez lo saben, sin embargo, no está de más decirlo: son mis dos poderosos motores para continuar superándome y lo hago con mucho amor.

A mis queridos hermanos, siempre juntos, siempre unidos, quiero decirles que aun cuando no estemos cerca. eternamente están en mi corazón, incondicionalmente he contado con ustedes, incondicionalmente cuentan conmigo.

Quiero agradecer especialmente al Ingeniero Ismael Huitrón porque mas que mi asesor fue un guía y motivador para darme ese pequeño impulso que me faltaba para poder cerrar este ciclo tan importante en mi vida, sinceramente lo agradezco.

Finalmente a todos les comparto un pequeño fragmento de un poema el cual me permite cerrar este capítulo en mi vida y me da la pauta para abrir el siguiente.

...si vuelves al comienzo de la obra perdida, aunque esta obra sea la de toda tu vida.

Si arriesgas en un golpe y lleno de alegría tus ganancias de siempre a la suerte de un día; y pierdes y te lanzas de nuevo a la pelea, sin decir nada a nadie de lo que es y lo que era.

Si logras que tus nervios y el corazón te asistan, aun después de su fuga de tu cuerpo en fatiga, y se agarren contigo cuando no quede nada porque tú lo deseas y lo quieres y mandas.

**IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO EN UNA LÍNEA DE ENVASADO  
DE BEBIDAS**

# Índice

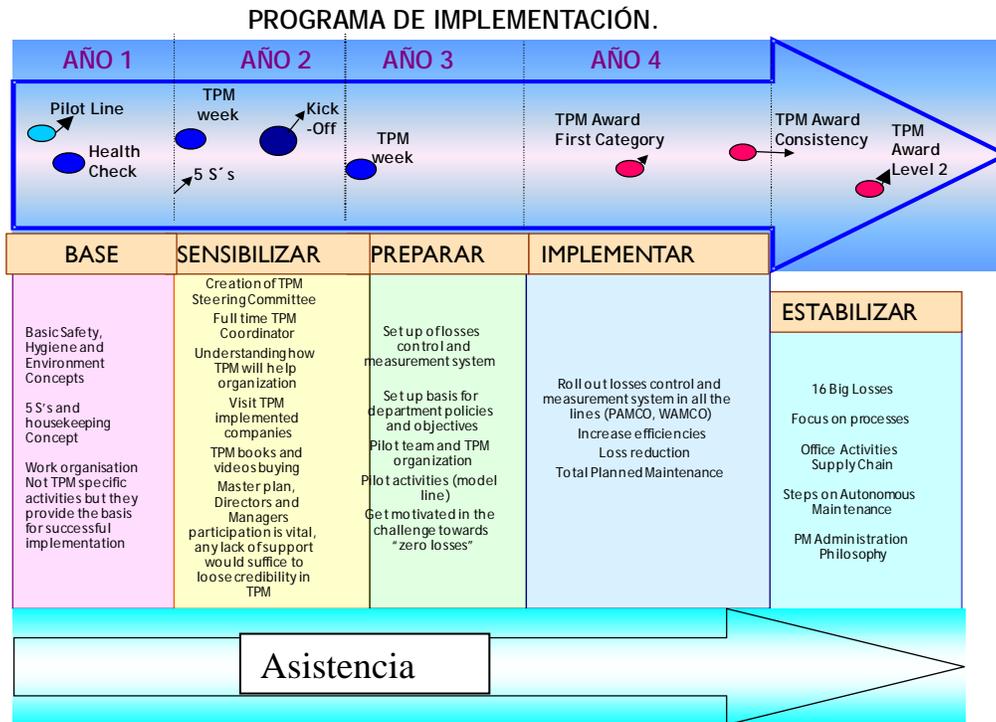
CAPITULO 1: Antecedentes y situación actual.....	(4)
1.1 Antecedentes.....	(5)
1.2 Situación actual.....	(8)
CAPITULO 2: Marco Teórico.....	(11)
2.1 Concepto de Mantenimiento de equipo.....	(12)
2.2 El proceso de Mantenimiento de equipo.....	(13)
2.3 Conceptos básicos para implementar Mantenimiento del equipo.....	(15)
2.4 Enfoque cero averías.....	(18)
2.5 Clasificación del Mantenimiento y división de tareas.....	(23)
2.6 La visión de Mantenimiento Planeado.....	(26)
2.7 Procedimiento para implementar Mantenimiento Planeado.....	(26)
2.8 Métodos de Mantenimiento.....	(29)
2.9 Actividades para la reducción de averías.....	(31)
2.10 Clasificación del equipo en base a criticidad.....	(32)
2.11 Selección de partes y del método de Mantenimiento.....	(33)
2.12 Actividades de soporte a Mantenimiento Autónomo.....	(37)
CAPITULO 3: Aplicación práctica.....	(42)
3.1 Actividades de soporte para del departamento de Producción.....	(44)
3.2 Actividades cero averías.....	(52)
3.3 Establecer Plan de Mantenimiento.....	(59)
3.4 Desarrollo del sistema de información para la gestión de Mantenimiento.....	(65)
3.5 Gestión de refacciones.....	(66)
3.6 Desarrollo del sistema de Mantenimiento Predictivo.....	(68)
3.7 Lubricación.....	(69)
3.8 Mejora de habilidades de Mantenimiento.....	(76)
CAPITULO 4: Resultados y Conclusiones.....	(80)
4.1 Resultados cuantitativos.....	(81)
4.2 Resultados cualitativos.....	(84)
4.3 Conclusiones.....	(85)
Bibliografía.....	(87)
Glosario.....	(88)

# ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

## 1.1 Antecedentes.

TPM es una filosofía de gestión de origen Japonés que significa Mantenimiento Productivo Total, fue creada 1971, basada en el concepto PM (Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Predictivo) introducido por Estados Unidos en Japón en la década de los 50's después de la segunda guerra mundial. La filosofía está enfocada a la eliminación de las pérdidas en los procesos productivos y está diseñada para prevenir la ocurrencia de pérdidas por paros debidos a:

- **Fallas**
  - **Ajustes**
  - **Paros Menores**
  - **Velocidad reducida**
  - **Generación de defectos**
  - **Arranques**
  - **Ajustes y puesta a punto**
  - **Cambios de formato y limpieza**
- 
- Mediante la mejora en los métodos de manufactura, uso y mantenimiento del equipo. El propósito es maximizar la eficiencia de los sistemas productivos en forma global.
  - TPM apunta hacia crear una filosofía corporativa que maximice la eficiencia de los procesos productivos.
  - TPM crea sistemas para prevenir la ocurrencia de todo tipo de pérdidas en la línea productiva y se enfoca en la mejora continua del producto final. Esto incluye sistemas para generar “cero accidentes”, “cero defectos” y “cero fallas” en el ciclo entero de vida del sistema de producción.
  - TPM es aplicado en todos los sectores o áreas de la compañía (vistos todos como procesos productivos).
  - TPM se basa en la participación de todos los miembros. Desde la Alta Dirección hasta los empleados a pie de línea.
  - El principal organismo de promoción de esta filosofía es el “JIPM” (Japan Institute of Plant Maintenance).
  - El JIPM pertenece al gobierno Japonés y ha trabajado en diseminar el conocimiento exacto y cultivar el entendimiento de la filosofía en los círculos industriales.



El programa de implementación contempla diferentes fases de desarrollo e inicia en la etapa **BASE** donde lo que se busca es que las empresas tengan determinados prerequisites como por ejemplo: una política establecida sobre seguridad, higiene y cuidado del medio ambiente, una política establecida sobre calidad, que se entienda y estén implementados conceptos básicos sobre orden y limpieza. Todo esto se refiere a organización en el piso de trabajo sin embargo provee las bases para una implementación exitosa.

En la etapa de **SENSIBILIZACIÓN** se crea una coordinación de tiempo completo para la promoción de las actividades de TPM basados en el desarrollo y seguimiento de un plan maestro, se promueven visitas de estudio a empresas que han implementado el programa de manera exitosa, se adquieren materiales de estudio para el mejor entendimiento de la filosofía y se analiza cómo la implementación de TPM va a ayudar a la organización.

En la etapa de **PREPARACIÓN** se establece un sistema de medición y monitoreo de pérdidas con foco en las ocho que tiene que ver con el equipo, a partir de esta información se establecen políticas y objetivos por departamento, se inician actividades de implementación en una línea piloto y se impulsa a la organización a asumir el reto de "cero fallas".

En la etapa de **IMPLEMENTACIÓN** se despliegan las actividades al resto de las líneas productivas con base en la experiencia ganada en la línea piloto y en las fechas clave contempladas en el plan maestro como son auditorías y certificaciones.

Finalmente en la etapa de **ESTABILIZACIÓN** el programa se extiende hacia otras áreas de la cadena de suministro, por ejemplo, proveedores y áreas como Logística,

Mercadotecnia, etc. Se amplía el registro y monitoreo de ocho a dieciséis grandes pérdidas de tal manera que adicionalmente a las que se refieren al equipo se agregan las pérdidas administrativas y de energía.

Durante todas las etapas de implementación del programa se requiere de asesoría que permita el seguimiento y despliegue apropiado del programa. Adicionalmente existen premios a los que se puede ó no postular, sin embargo la ventaja de hacerlo es que la empresa puede “calibrar” que tan adecuadamente está avanzando en el camino a la “Manufactura de Clase Mundial”.

TPM se basa en ocho pilares los cuales en términos generales corresponden con las áreas típicas de una organización de manufactura, en la tabla siguiente se explica el propósito de cada pilar:

<b>No.</b>	<b>PILAR</b>	<b>PROPÓSITO</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>
1	Mejora Enfocada	Seguimiento al árbol de perdidas y despliegue de casos de mejora en base a metodologías de análisis	Multidisciplinario
2	Mantenimiento Autónomo	Cuidado de condiciones básicas (Limpieza, Lubricación, Apriete, Inspección)	Producción
3	Mantenimiento Planeado	Mantenimiento Basado en Tiempo (MBT), Mantenimiento Correctivo (MC) y Mantenimiento Basado en Condiciones (MBC)	Mantenimiento Planeado
4	Educación y Entrenamiento	Desarrollo de habilidades de inspección, trabajo en equipo, trasferencia de habilidades.	Multidisciplinario
5	Mantenimiento de la Calidad	Establecimiento y mantenimiento de las condiciones cero defectos.	Calidad + MP
6	Control Inicial de Flujo	Gestión de nuevos proyectos considerando las mejoras implementadas por la planta	Ingeniería
7	Seguridad y Medio Ambiente	Prevención de accidentes con personal, equipo y medio ambiente	Seguridad Industrial
8	TPM en Oficinas	Despliegue de TPM hacia áreas administrativas	Oficina TPM

En mi experiencia profesional he observado que la implementación exitosa de esta filosofía de trabajo se basa principalmente en dos pilares Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planeado, sin embargo sobre este último existe poca información para su correcta implementación, por lo que el foco de este trabajo está en el proceso de implementación del Pilar de Mantenimiento Planeado.

## **1.2 Situación Actual.**

A finales de los años '90 inicio en México la implementación formal de TPM en la industria de consumo, las primeras compañías en hacerlo fueron empresas transnacionales que mantienen tradición y vanguardia en la optimización de sus procesos de manufactura, sin embargo, a poco mas de 10 años siguen siendo pocas las empresas que han logrado implementar profundamente el programa y menos las que han logrado un reconocimiento internacional que las convierta en la empresa Clase Mundial de su categoría. A estas empresas de consumo se suman las ensambladoras de automóviles de las cuales especialmente las de origen Japonés implantan este tipo de filosofía en sus líneas de ensamble e inclusive lo extienden a sus proveedores. Respecto a países de la región es importante señalar que ha sido Brasil el principal promotor de la implementación de esta filosofía y por lo tanto a nivel Latinoamérica es el país que cuenta con mayor número de premios, reconocimiento internacional y experiencia en la implementación de TPM.

En el ámbito de mi empresa se tomo la decisión de implementar la filosofía a finales del 2006 por lo que a la fecha suman 4 años de despliegue, merece una especial consideración el hecho de que mi empresa ha sido muy exitosa y ha permanecido en el mercado de bebidas desde los años 60's, en este periodo ha logrado superar fronteras desarrollando mercados internacionales como son Estados Unidos, Europa, Centro América y el Caribe.

Todo esto a permitido un crecimiento sostenido en los últimos diez años sin embargo particularmente en los tres anteriores se ha observado un estancamiento que nos obliga a desarrollar y buscar nuevas formulas de éxito, desde mi punto de vista lo anterior lo aplica especialmente en tres grandes retos: (1) Transitar de una cultura de empresa familiar a una cultura corporativa, (2) Competir en un entorno muy agresivo donde hay un nuevo jugador con un gran poder económico, (3) Superar una crisis económica que va mas allá de la situación interna del país. Es justamente en los dos últimos retos donde considero esta el mayor impacto de la implementación de una filosofía enfocada a eliminar perdidas.

Personalmente me hago cargo de la planta de Tecnología Aséptica de última generación la cual produce aproximadamente un tercio del volumen total de la empresa, la planta está enfocada a la elaboración y envasado de néctares y bebidas, esto incluye preparación, pasteurización, llenado aséptico, empaçado y paletizado. La palabra aséptico se refiere a las condiciones que garanticen la producción de bebidas y néctares bajo condiciones de esterilidad que den por resultado un producto inocuo, es decir apto para consumo humano.

La planta cuenta con 12 líneas productivas agrupadas en 4 bloques por tipo de tecnología, en general se envasa presentaciones de 1000 ml, 500 ml y 200 ml.

Para facilitar la comparación del antes y después me voy a permitir dividir la situación de la planta en dos aspectos principales: Gente y Desempeño de los Equipos.

#### Gente:

El ambiente de trabajo era realmente de mucho estrés y frustración, sobre todo a nivel de piso donde todos los días el personal técnico se enfrentaba a fallas que frecuentemente superaban su capacidad de diagnóstico. Se carecía de habilidades mínimas como son conocimiento de la operación y mantenimiento de la tecnología a su cargo, a la vez se tenía poco entendimiento de conceptos más generales entre los que destacan neumática, hidráulica, elementos de maquinas, etc. Un aspecto importante que influyó en este bajo nivel de capacitación fue la sobre concentración de cursos técnicos en pocas personas. Por otro lado al carecer de una estrategia definida de mantenimiento se generaba confusión en los alcances que cada área debería tener respecto del cuidado del equipo y temas básicos como lubricación y apriete terminaban siendo factores causales de fallas importantes, toda esta confusión generaba un volumen importante de actividades de mantenimiento enfocadas a reparar averías y por lo tanto se descuidaba el mantenimiento basado en tiempo ó basado en condiciones. Todo esto tuvo como consecuencia un alto costo de mantenimiento (**80 pesos por cada mil piezas producidas**), un **bajo desempeño del equipo** y un **bajo nivel de motivación en el personal técnico de mantenimiento**. Por otro lado existían frecuentes discusiones entre los responsables de producción y mantenimiento por los frecuentes incumplimientos al plan de producción el cual alcanzó su peor **nivel de servicio en 88%**, esto sin duda impacto en pedidos no surtidos por fallas en la línea de producción.

#### Desempeño del Equipo:

En cuanto a eficiencia global del equipo (**OEE**) el promedio 2009 fue de **57%** lo que significa que el 43% del tiempo productivo el equipo estuvo parado por alguna de las pérdidas principales (averías, limpieza sanitaria, cambio de fruta, paros menores, velocidad reducida, etc.), de estas la principal fue **averías las cuales representaron ese año poco mas de 15 puntos de los 43 que se perdieron**. Otros indicadores como **mermas** tenían niveles importantes y en el caso particular de la línea representaban **2.42% en material de envase y 0.79 % en bebida**. Otros indicadores de referencia del 2009 fueron Nivel de Servicio (NS) con 93.82%, Producto No Conforme (PNC) con 1.2%, Quejas con 2 por mes y costo de mantenimiento con 61.56 pesos por cada mil envases producidos, además el equipo presentaba signos de deterioro forzado.

En resumen el punto de partida de la implementación de la nueva estrategia de mantenimiento fue:

1. Eficiencia Global del Equipo (OEE) de 57%
2. Nivel de Servicio (NS) de 93.82%
3. Producto No Conforme de 1.2%
4. Número de quejas por mes de 2
5. Costo de Mantenimiento por cada mil empaques producidos de 61.56 pesos
6. Merma de Material de Envase (ME) de 2.42%, Merma de Bebida (MB) de 0.79%
7. Personal de mantenimiento no calificado y constantes fricciones entre personal de mantenimiento y producción.
8. Personal técnico desmotivado

# MARCO TEÓRICO

## 2.1 Concepto de Mantenimiento de Equipo.

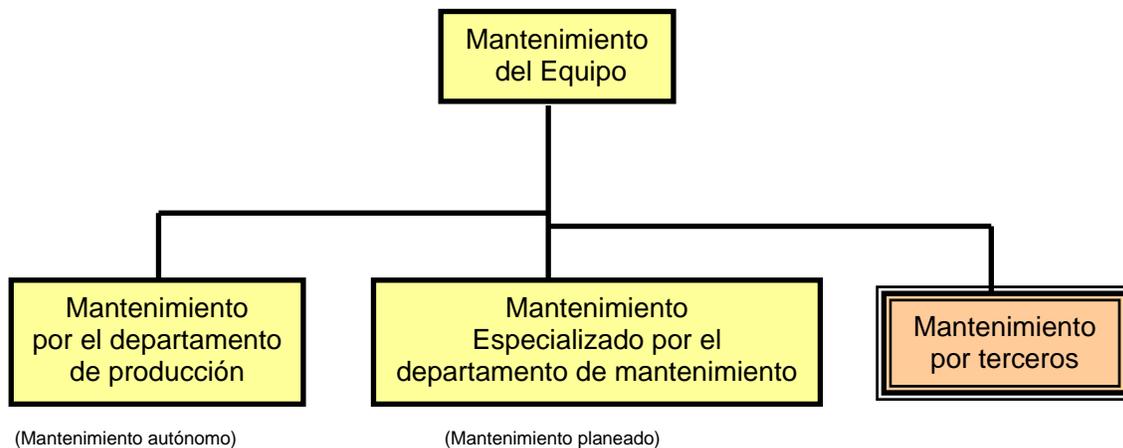
Es importante asumir mantenimiento especializado y el mantenimiento por el operador como si fueran las dos ruedas de una bicicleta. La bicicleta no puede caminar si las dos ruedas no están en buenas condiciones. Sin embargo las actividades de mantenimiento del equipo en muchas compañías son frecuentemente desempeñadas sin un completo entendimiento del concepto, en otras palabras es muy común que se ignore el potencial que resulta de que ambas áreas trabajen en conjunto para el cuidado de los equipos e instalaciones.

Para tener una idea practica sobre el mantenimiento del equipo, se debe saber exactamente: “cuál es el tipo de mantenimiento más apropiado en función del tipo de deterioro. También se debe entender las características del deterioro en cada sección o parte y su funcionamiento en el contexto general del equipo.” Cuando se entiende esto se puede decir que se tiene un control total del equipo.

El propósito básico del mantenimiento del equipo es mantener las condiciones adecuadas del equipo en todo momento para tener una producción sin interrupciones.

Por conveniencia, el mantenimiento del equipo se divide en dos tipos: mantenimiento por operadores y manteniendo especializado. Esta separación de tareas está acorde a quien va a realizar el trabajo: el departamento de producción o el departamento de mantenimiento.

Fig. 1 Concepto de Mantenimiento del Equipo



El departamento de mantenimiento debe tomar la iniciativa en la implementación del mantenimiento de los equipos por lo que el gerente del área debe jugar un rol de liderazgo.

Es muy útil para implementar de manera exitosa la filosofía que en conjunto gerente y personal de mantenimiento regresen a las bases y profundicen su entendimiento sobre las actividades de mantenimiento.

## **2.2 El proceso de Mantenimiento de Equipo.**

El mantenimiento del equipo involucra decisiones acerca de “que partes o secciones del equipo requieren que método de mantenimiento.” Para esto es necesario preparar procedimientos estándar de mantenimiento, un calendario de mantenimiento y basado en esto implementar las actividades de manera sistemática lo cual debe resultar en la prevención de averías.

El proceso de mantenimiento del equipo se divide en cinco diferentes elementos para facilitar su entendimiento.

1. ¿Qué equipo?
2. ¿Qué parte del equipo?
3. ¿Qué método de mantenimiento?
4. Preparar estándar de mantenimiento
5. Implementar en forma sistemática el mantenimiento.

### **1. ¿Qué equipo?**

Se parte por evaluar la criticidad del equipo guiándose por los criterios P, Q, C, D, S y M (productividad, calidad, costo, entrega, seguridad y moral). Basados en la evaluación de los resultados se clasifica al equipo en clases AA, A, B y C. La clasificación es generalmente determinada por las políticas de la compañía. Este no es un proceso realmente difícil.

### **2. ¿Qué parte del equipo?**

Esta es una decisión difícil ya que no es fácil decidir que parte del equipo debe ser mantenida. En la práctica las partes a ser mantenidas son gradualmente decididas a través de la implementación de actividades de mantenimiento autónomo y mantenimiento planeado.

Lógicamente durante las fases de diseño y fabricación del equipo, las partes críticas a ser mantenidas deben ser identificadas a través de la aplicación de técnicas como FMEA y FTA, de tal manera que siempre los manuales de los equipo proveen información valiosa para este fin.

### **3. ¿Qué método de mantenimiento?**

El método de mantenimiento es usualmente determinado por la experiencia, No hay una metodología lógica y práctica que claramente indique que método de mantenimiento debe ser aplicado sobre que parte del equipo.

Se ha estado haciendo una sobre consideración en las reglas empíricas en función de la historia del mantenimiento del equipo, lo cual ha resultado en negar una apropiada investigación de los patrones y parámetros del deterioro.

#### 4. Preparar estándar de mantenimiento.

El procedimiento de mantenimiento estándar especifica que método de mantenimiento va a ser usado sobre que parte del equipo. El principio de 5W1H puede ser usado para preparar el procedimiento de mantenimiento estándar.

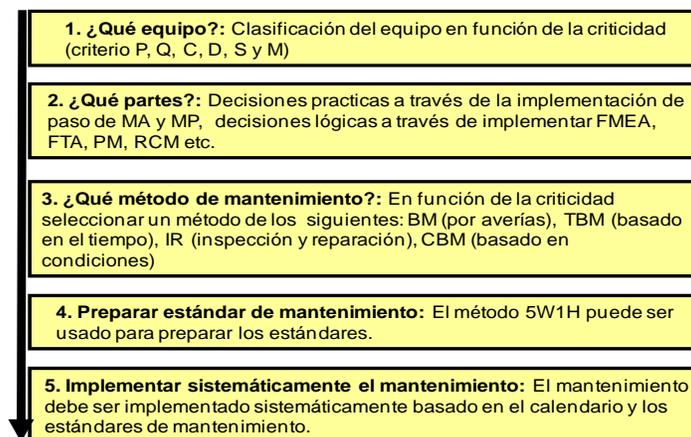
El departamento de mantenimiento debe tener un buen entendimiento de cómo todas las partes del equipo pueden ser mantenidas. La asignación de las tareas de mantenimiento debe ser ampliamente discutido con los involucrados incluyendo al personal de producción (mantenimiento autónomo).

#### 5. Implementar en forma sistemática el mantenimiento.

Una herramienta necesaria para la implementación del mantenimiento planeado es el calendario. Otras actividades como el sistema de gestión de repuestos, gestión de la información son importantes para la implementación exitosa del programa.

En otras palabras el mantenimiento planeado es una actividad que considera los cinco elementos del mantenimiento del equipo así como numerosos factores propios de la situación específica de cada fábrica. La Fig. 2 muestra el proceso de mantenimiento del equipo.

Fig. 2



## 2.3 Algunos conceptos básicos.

### 3.1 Análisis físico de las averías.

Es claro que debemos hacer mantenimiento para evitar que ocurran fallas en los equipos, sin embargo cuál es la causa de que estas averías ocurran, esta pregunta puede ser respondida por comparando el esfuerzo aplicado al equipo y la resistencia del mismo. Las averías ocurren cuando el esfuerzo aplicado supera la resistencia del equipo.

Todos los equipos son diseñados para resistir ciertos niveles de esfuerzos y a su vez los equipos están siempre sometidos a cargas mecánicas y/o eléctricas necesarias para su funcionamiento. También factores externos del ambiente como son la temperatura, la humedad, vibración y polvo pueden contribuir a incrementar el esfuerzo.

Las tres principales causas de las averías se describen a continuación:

#### 1. Deterioro ignorado.

El deterioro puede debilitar al equipo al punto de no poder resistir más los esfuerzos de operación con la subsecuente avería. Las causas de este tipo de averías pueden ser divididas en dos grupos.

El primer grupo considera los casos donde el cuidado inapropiado y el pobre ambiente del equipo resultan en un deterioro acelerado. En otras palabras, el inadecuado cumplimiento de requerimientos básicos del equipo (falta de limpieza, falta de lubricación y apriete) causan un deterioro acelerado.

El segundo grupo considera el deterioro natural. Este deterioro ocurre aun cuando el equipo tenga un cuidado y ambiente apropiados. Si no son tomadas medidas de restauración, la avería va a ocurrir.

Fig. 3 Análisis de esfuerzo y resistencia.

Tres principales causas de averías	Factores
1 Deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Inadecuado cumplimiento de requerimientos básicos.</b> La limpieza, lubricación y apriete no son realizados adecuadamente. Los operadores realizan sus rutinas de mantenimiento inadecuadamente o incompletas.</li> <li>• <b>Deterioro Ignorado.</b> La detección del deterioro natural o acelerado y la restauración correspondientes son ignorados. En otras palabras la inspección y reparaciones preventivas no son realizadas correctamente por indiferencia o falta de concientización sobre los esfuerzos.</li> </ul>
2 Esfuerzo incontrolado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>No cumplimiento de requerimientos de uso.</b> El equipo y maquinaria en general operan con limitaciones en función de las consideraciones de diseño, las cuales a veces son ignoradas, por ejemplo: corriente, voltaje, rpm, velocidad, temperatura, etc.</li> <li>• <b>Falta de habilidades.</b> Errores de reparación por personal de mantenimiento y operación. Errores de operación (error en el reemplazo de partes, operar sin autorización, etc.)</li> </ul>
3 Insuficiente resistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diseño débil.</b> Insuficiente resistencia debido a un pobre diseño, fabricación o instalación causadas por falta de habilidades en ingeniería o error.</li> </ul>

## 2 Esfuerzo incontrolado.

Aun si el equipo no se ha deteriorado las averías pueden ocurrir si se somete a más esfuerzo que su resistencia de diseño. En cualquier caso intencional o no intencional, si el equipo es operado sobre estos límites sin duda la avería va a ocurrir.

Tanto personal de mantenimiento como de operación deben tomar cuidado que durante la operación del equipo se cumpla con los requerimiento y limitaciones de uso (ver Fig.1.3).

## 3 Insuficiente resistencia de diseño.

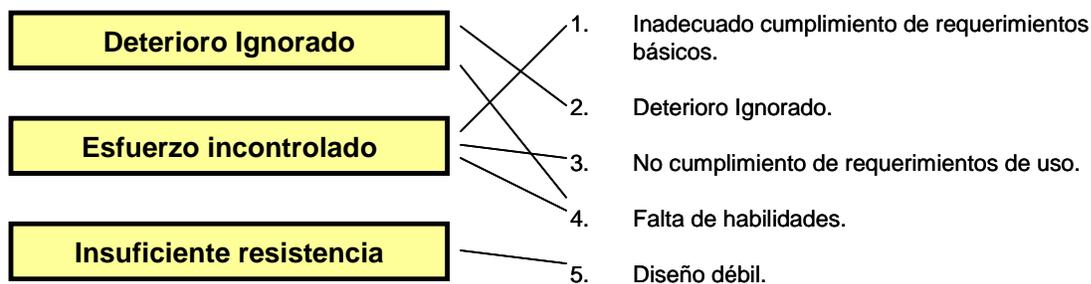
Esta es atribuida al diseñador del equipo por habilidades inadecuadas o falta de cuidado que causan debilidades inherentes a ciertas partes del equipo. En este caso las averías pueden ocurrir aun cuando el equipo opere bajo esfuerzos normales. Fig. 1.3 muestra el caso donde el esfuerzo normal excede la resistencia de diseño (ver Fig. 1.3)

### 3.2 Análisis de factores para lograr cero averías

Se ha analizado la relación entre esfuerzo y resistencia y los tres factores que causan las averías desde un punto de vista físico. Ahora se van a dividir estos tres factores en cinco para facilitar que los departamentos de producción y mantenimiento implementen contramedidas prácticas.

Cada uno de los cinco factores está relacionado con los tres factores de las averías (deterioro ignorado, esfuerzo incontrolado e insuficiente resistencia de diseño) de una u otra manera (Fig. 4). A continuación se presenta una descripción detallada de cada factor.

Fig. 4 Subdivisión de los factores de las averías.



#### (1) Inadecuado cumplimiento de requerimientos básicos.

El departamento de producción no desempeña de manera confiable las rutinas de mantenimiento o no existe un sistema de mantenimiento autónomo que permita cumplir con los requerimientos básicos como limpieza, lubricación, apriete e inspección. El ignorar algunas tareas puede resultar muy perjudicial para el equipo (deterioro acelerado), iniciando por la no detección de anomalías que son causadas por el esfuerzo sobre el equipo, hasta el inadecuado cumplimiento de requerimientos básicos y las subsecuentes averías.

(2) Deterioro Ignorado.

En esta situación el equipo no se restaura apropiadamente aun cuando las averías están ocurriendo frecuentemente. Los departamentos de mantenimiento y operación carecen de las habilidades necesarias para inspeccionar el equipo apropiadamente, lo cual resulta en una incapacidad de reconocer tanto el deterioro visible como el no visible en el equipo. Esta condición permite que las averías ocurran.

(3) No cumplimiento de requerimientos de uso.

En general hay requerimientos de operación para los equipos (condiciones de uso, energía eléctrica, voltaje, RPM, velocidad, temperatura, etc.) los cuales fueron especificados para que el equipo opere dentro de. Si los requerimientos de uso son violados entonces el esfuerzo aplicado puede exceder los límites de diseño. El no cumplimiento de estos requerimientos algunas veces es atribuible a los Ingenieros de Producción que por falta de cuidado y consideración durante las modificaciones o conversiones de equipos para otras aplicaciones.

(4) Falta de habilidades.

Algunas veces los especialistas de mantenimiento no pueden alcanzar los objetivos de vida útil del equipo. En algunos casos por reparaciones inapropiadas o por que se cometen errores tanto por personal de mantenimiento como de operación por que no están debidamente entrenados y esto normalmente termina con sobre esfuerzos con la subsiguiente avería.

(5) Diseño débil.

La falta de resistencia puede venir de errores de diseño. Estos pueden ser por falta de cuidado, conocimiento, experiencia e información por parte de los diseñadores y fabricantes de equipos.

## 2.4 Enfoque Cero Averías.

### 2.4.1 Medidas para alcanzar cero averías

Hasta ahora se han analizado los factores que causan las averías (como se muestra en la Fig. 1.3). Estos fueron subdivididos en la sección previa en cinco factores. Evidentemente la eliminación apropiada de estos cinco factores puede contribuir significativamente al objetivo: cero averías (Fig.5)

Fig. 5 Cinco Contramedidas para Lograr Cero Averías

1	Inadecuado cumplimiento de requerimientos básicos	1	Adecuado cumplimiento de requerimientos básicos
2	No cumplimiento de requerimientos de uso	2	Cumplir con los requerimientos básicos de uso
3	Deterioro Ignorado	3	Restaurar el deterioro ignorado
4	Diseño débil	4	Rectificación del diseño débil
5	Falta de habilidades	5	Mejora de las habilidades de operación y mantenimiento

El camino para alcanzar cero averías inicia con la clasificación y análisis de las averías de forma histórica. Tanto mejor sea el análisis y clasificación de las averías, mejor será en entendimiento con las subsecuentes actividades y mayor nivel de profundidad en las contramedidas de las mismas.

Se ha discutido los conceptos básicos de las averías y que se debe hacer para eliminarlas basados en el análisis de “porqué ocurren las averías”.

Ahora se explican las cinco fases del proceso de eliminación, las cuales tienen el propósito de definir acciones concretas contra las averías, posteriormente se explican con mayor detalle todas las fases.

En cualquier caso a continuación se da una breve descripción por fase.

(1) Fase 1: Cambiar a deterioro natural por medio de eliminar los factores del deterioro acelerado.

Reducir la varianza de los intervalos entre averías por medio de la restauración el equipo y de la eliminación de los factores que causan el deterioro acelerado.

(2) Fase 2: Extender la vida útil inherente al equipo.

Implementar mantenimiento correctivo (CM) para extender la vida útil siempre y cuando la menor vida útil sea el resultado de un deterioro natural, o en otras palabras, limitaciones de diseño.

(3) Fase 3: Investigar patrones de comportamiento del deterioro natural.

Investigar como el deterioro se incrementa con referencia al tiempo.

(4) Fase 4: Investigar parámetros de deterioro.

Decidir que parámetros deben ser medidos.

(5) Fase 5: Implementar mantenimiento predictivo.

Fig. 6 muestra el resumen de conceptos, prioridades y actividades prácticas requeridas para alcanzar cero averías. Adicionalmente, también clarifica el camino para lograr cero averías. Primeramente, cinco contramedidas encontradas a través del análisis “porqué ocurren las averías”. Entonces, actividades concretas como los siete pasos de Mantenimiento Autónomo y los siete de Mantenimiento Planeado son introducidos.

#### 2.4.2 Actividades prácticas para lograr cero averías.

Para lograr cero averías las actividades deben ser prácticas y fáciles de entender. Un concepto brillante por sí mismo no elimina las fallas. Esto requiere acciones concretas, realistas y efectivas.

En este sentido, las actividades de Mantenimiento Autónomo son excelentes porque lo que debe hacerse está claramente especificado en cada paso. Generalmente, ningún trabajo se realiza sin la consideración de cuál es el objetivo ó propósito, y esto facilita la definición del método que va a ser empleado (que hacer). Sin esto (objetivo – método) el éxito es difícil de lograr.

A continuación se presenta una explicación clara de ambos el objetivo y el método cuando el enfoque es cero averías.

(1) Siete pasos de Mantenimiento Autónomo.

Una descripción detallada de los pasos (Fig. 1.6 – Los Siete Pasos de Mantenimiento Autónomo) va ser presentada posteriormente. En cualquier caso a continuación se da una explicación breve.

Fig. 6 Procedimiento para lograr Cero Averías.

<b>Análisis de fallas por esfuerzo y resistencia</b>		<b>Análisis de Fallas</b>	<b>Nivel de concepto</b>		
<b>1</b>	Esfuerzo anormal que excede la resistencia del equipo (Esfuerzo Incontrolado)				
<b>2</b>	La resistencia del equipo se debilita durante la operación (Deterioro)				
<b>3</b>	El equipo posee una debilidad creada durante los procesos de diseño ó fabricación (Insuficiente Resistencia)				
<b>Cinco contramedidas para lograr cero fallas</b>		<b>Análisis de Factores</b>			
<b>1</b>	Cumplimiento de requerimientos básicos				
<b>2</b>	Cumplimiento con requerimientos de uso				
<b>3</b>	Restauración del deterioro en el equipo				
<b>4</b>	Corrección del diseño débil				
<b>5</b>	Mejora de las habilidades de operación y mantenimiento				
<b>Cinco fases para lograr cero fallas</b>		<b>Análisis del Proceso</b>			
<b>1</b>	Eliminar las causas del deterioro ignorado y restaurar				
<b>2</b>	Extender la vida útil del equipo				
<b>3</b>	Investigar el proceso natural de deterioro				
<b>4</b>	Investigar indicadores de deterioro				
<b>5</b>	Implementar Mantenimiento Predictivo				
<b>Construir un sistema de MA</b>		<b>Actividades concretas para cero averías</b>	<b>Nivel de actividad</b>		
<b>Siete Pasos de Mantenimiento Autónomo</b>				<b>Construir un sistema de MP</b>	
<b>Siete Pasos de Mantenimiento Planeado</b>				<b>Siete Pasos de Mantenimiento Planeado</b>	
<b>1</b>	Limpieza Inicial			Diagnostico Inicial (estatus presente)	
<b>2</b>	Eliminación de FS y ADA			Restauración y mejora del equipo	
<b>3</b>	Estándares tentativos			Estándares tentativos de mantenimiento	
<b>4</b>	Mejorar las habilidades			Inspección general de la función de calidad	
<b>5</b>	Inspección Autónoma			Mejorar habilidades y eficiencia de mantenimiento	
<b>6</b>	Estandarización	Ejecución de mantenimiento predictivo			
<b>7</b>	Gestión Autónoma	Despliegue horizontal			

### **Fase 1 (Pasos 1-3): Atender los requerimientos básicos.**

Los requerimientos básicos son tareas rutinarias de mantenimiento tales como limpiar, lubricar y apretar. Atender los requerimientos básicos significa construir un sistema en el cual las tareas para requerimientos básicos son implementadas apropiadamente. En otras palabras, este es un sistema para desarrollar las capacidades del operador para implementar mejoras en la restauración, para preparar estándares tentativos y aplicar las tareas acorde a los estándares.

Para ser más concreto, en Paso 1, se realiza la “Limpieza Inicial” con la actitud de que limpiar es inspeccionar. Familiarizarse con el equipo y colocar tarjetas sobre las anomalías (deterioro ignorado) detectadas a través de la limpieza e inspección de cada parte del equipo. (En Paso 1: los problemas simples deben ser resueltos y las tarjetas removidas).

En paso 2 “Eliminación de fuentes de suciedad y áreas de difícil acceso” los operadores deben implementar acciones de restauración y mejora sobre factores latentes de averías. Las tarjetas problemáticas deben ser removidas. Pe medio de este proceso el equipo debe mejorar significativamente. Los operadores deben realizar mejoras en contra de fuentes de deterioro acelerado. Al mismo tiempo deben buscar puntos de lubricación, limpieza, apriete e inspección a ser considerados en los estándares tentativos del paso 3. También debemos hacer las tareas difíciles fáciles (por ejemplo: mejorar el acceso a algún equipo con el propósito de limpiar, lubricar o apretar). En resumen de los Pasos 1 – 3 son el proceso para completar los estándares tentativos de mantenimiento autónomo.

¿Porqué los operadores necesitan ir a través de estos tres largos pasos para establecer estándares? Porque basados en el espíritu de “Mi maquina, mi preocupación” ellos son requeridos a elaborar sus propios estándares de mantenimiento. Para hacerlos necesitan restaurar y mejorar su equipo lo cual les permite descubrir que áreas necesitan ser mantenidas, entonces pueden estandarizar las tareas de mantenimiento de la manera que ellos puedan darles seguimiento fácilmente.

### **Fase 2 (Pasos 4 – 5): Actividades para mejorar las habilidades del operador y mejorar el equipo.**

El establecimiento de un sistema de mantenimiento basado en estándares tentativos preparados en el Paso 3 no es suficiente para alcanzar cero fallas. Los Pasos 1 – 3 solo pueden mejorar problemas visibles. Hay problemas con los que continuamos lidiando u otros que son invisibles y no los hemos identificado aun para atacarlos con mejores contramedidas. Estos problemas recurrentes ó invisibles son también causa de averías.

En este punto el operador continuara un largo camino para poder alcanzar el estatus de “experto del equipo”. Los operadores necesitar ganar más conocimiento y desarrollar sus habilidades de mantenimiento.

Este es el camino, antes de hacer la Inspección General en paso 4, el operador va a aprender sobre tecnología básica de mantenimiento como hidráulica, neumática, electricidad, lubricación, mecanismos, etc. Haciendo Inspección General todos los problemas recurrentes y los invisibles van a ser identificados y por lo tanto se tomarán mejores medidas de restauración ó mejora. Como resultado se va a lograr el objetivo de cero averías. A través de este proceso los operadores van a lograr satisfacción por el desarrollo de nuevas habilidades y mejores competencias.

Basados en el conocimiento ganado en Paso – 4, en Paso – 5 (Inspección Autónoma), el operador va a revisar los estándares tentativos preparados en Paso – 3 y establecer los estándares definitivos para desarrollar un sistema de Mantenimiento Autónomo.

Las actividades de TPM pueden mejorar drásticamente las condiciones del equipo por que promueven el concepto de cero averías aun dentro de las actividades de grupos pequeños llamados Mantenimiento Autónomo. TPM impulsa a todos para participar en las actividades de mantenimiento. La alta dirección debe tener en mente que sin esta participación puede ser imposible lograr mejoras significativas.

## **(2) Siete Pasos de Mantenimiento Planeado.**

Los siete pasos de Manteniendo Planeado están diseñados para que el personal especializado de mantenimiento desarrolle un nuevo sistema de mantenimiento.

El concepto es similar a los pasos de Mantenimiento Autónomo. En los pasos 1 – 3 se va a restaurar y mejorar las partes deterioradas del equipo, además de establecer estándares tentativos. Como se trata de desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento, debemos separar, clasificar y analizar los datos de las averías para los últimos tres años. Entonces, a través de entrenamiento sobre como analizar lógicamente un problema, vamos a lograr entender porque las averías ocurren.

En años recientes ha han ocurrido sofisticaciones drásticas de los equipos y mejoras en su precisión, por lo que la necesidad de lograr cero averías se ha estado incrementando. En los pasos 4 – 5 debemos incorporar el concepto de Mantenimiento de la Calidad para transformar el foco de la función de mantenimiento de averías por pérdida total de la función a averías por decline gradual de la función. En otras palabras aun cuando el equipo está trabajando es importante considerar el decline de la función ó el decline del producto como averías. Esto significa que debemos implementar actividades de mantenimiento para prevenir los defectos de calidad.

## 2.5 Clasificación del mantenimiento y división de tareas.

### 2.5.1 Clasificación

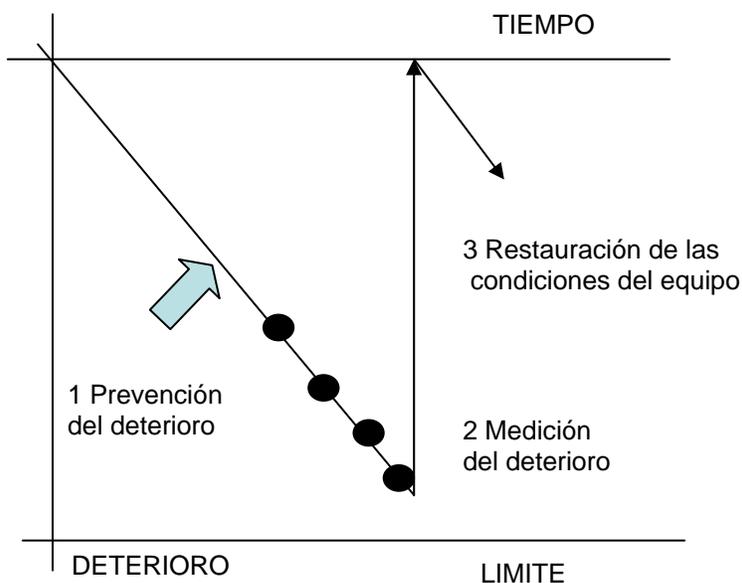
En esta sección se va a clasificar las tareas de mantenimiento en tres actividades y también explica como implementar cada una ellas.

Estas son las tres tareas:

1. **Prevención del deterioro**
2. **Medición del deterioro**
3. **Restauración de las condiciones del equipo.**

(Ver Fig. 7)

Fig. 7 Clasificación de las Actividades de Mantenimiento



#### 1 Prevención del deterioro.

El propósito es proteger al equipo del deterioro acelerado a través de las rutinas de mantenimiento. La correcta operación del equipo y las rutinas de mantenimiento tales como limpieza, lubricación y apriete previenen al equipo del deterioro acelerado.

#### 2 Medición del deterioro.

Aun cuando el equipo sufre solamente de deterioro natural, eventualmente va a fallar. Para tomar acciones preventivas es necesario medir el grado de deterioro.

Se puede medir el deterioro a través de rutinas de inspección, inspecciones periódicas, ajustes del equipo y pruebas. Esto requiere técnicas de medición así como equipo de diagnóstico.

### 3 Restauración de las condiciones del equipo.

Con base en los datos de medición del deterioro y análisis de fallas, se debe seleccionar un método para la restauración del equipo. Este método incluye cambio regular de partes, mantenimiento regular e inspecciones y diagnóstico regular. Estos métodos requieren más tiempo y un alto nivel de habilidades.

Estas tres actividades contra el deterioro son diferentes una de otra, si ignoramos alguna de ellas será imposible cumplir con los objetivos de mantenimiento.

Fig. 8 muestra la matriz de clasificación de actividades de mantenimiento y división de tareas.

CLASIFICACION DE METODOS DE MANTENIMIENTO			ACTIVIDADES A DESEMPEÑAR			ASIGNACIÓN	
			PREVENCIÓN DETERIORO	MEDICION DETERIORO	RESTAURACION DETERIORO	MA	MP
Mantenimiento Productivo	Mantenimiento Preventivo	Operación normal	Correcta operación			✦	
			Ajustes y configuración			✦	
		Inspección rutinaria	Limpieza, detección de defectos y corrección			✦	
			Lubricación			✦	
			Apriete			✦	
			Inspección rutinaria de deterioro y requerimiento de operación			✦	
			Reparaciones menores			✦	
		Mantenimiento periódico	Inspección periódica			✦	✦
			Revisión periódica				✦
			Paro periódico				✦
	Mantenimiento predictivo	Control de tendencias				✦	
		Reparaciones irregulares				✦	
	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Correctivo (confiabilidad)	Mejorar resistencia				✦
			Reducir la carga				✦
			Mejorar la ocurrencia				✦
		Mantenimiento Correctivo (mantenibilidad)	Desarrollar condiciones de monitoreo				✦
			Mejorar diagnóstico				✦
	Prevención del mantenimiento	Actividades MP	Mejorar reparación				✦
			Mejorar la calidad de reparación				✦
			Detección temprana de problemas y contramedidas rápidas				✦
Reparaciones imprevistas						✦	
Mantenimiento por averías planeadas							
Mantenimiento por emergencia							

### **2.5.2 Roles y división de tareas entre los departamentos de operación y mantenimiento.**

A continuación se muestran los roles de los departamentos de operación y mantenimiento en la implementación de un sistema de mantenimiento económico y confiable para mejorar la eficiencia global del equipo (OEE).

El rol del departamento de operación:

- ❖ Asegurar el adecuado cumplimiento de los requerimientos básicos (limpieza, inspección, lubricación, apriete).
- ❖ Cumplir con los requerimientos de uso (correcta operación del equipo y requerimientos visibles para evaluación).
- ❖ Detectar anomalías a través de los cinco sentidos y con señales tempranas durante la operación, restauración y mejora del equipo, principalmente usando inspección visual.
- ❖ Mejorar las habilidades del operador en inspección, operación, puesta a punto y ajustes.

Estas actividades realizadas por el departamento de operación son colectivamente llamadas “Actividades de Mantenimiento Autónomo”.

El rol del departamento de mantenimiento:

- Proveer soporte técnico a las actividades de “Mantenimiento Autónomo”.
- Restaurar condiciones del equipo para mejorar la confiabilidad y no permitir deterioro desatendido por medio de inspección, evaluación, desensamble y reparación.
- Identificar diseño débil y clarificar requerimientos de uso. Sobre esto mejorar la operación del equipo.
- Mejorar habilidades como son inspección, evaluación, desensamble y reparación.

Nada nuevo. Todas han sido por siempre tareas esenciales del departamento de mantenimiento. El tema es reevaluar los roles de cada departamento para mejorarlos tanto como sea posible.

La cooperación entre los departamentos de producción y mantenimiento es indispensable para poder lograr una operación suave y continua. Es necesario que el departamento de producción tome parte de las funciones de mantenimiento y por lo tanto también es necesario que el departamento de mantenimiento tome responsabilidades operacionales para asegurar un apropiado mantenimiento productivo.

La relación entre ambos departamentos es exactamente como las dos ruedas de una bicicleta, ambas son esenciales.

El rol básico de los departamentos de producción y mantenimiento son mostrados en la Fig. 8. El personal de mantenimiento debe detener la ocurrencia de quiebras implementando las actividades de “Mantenimiento Planeado”, incluyendo mantenimiento

periódico, mantenimiento predictivo y mantenimiento correctivo. También deben implementar mantenimiento basado en averías cuando sea necesario.

El departamento de producción debe implementar las actividades de Mantenimiento Autónomo para prevenir el deterioro. Estas actividades incluyen la correcta operación del equipo, limpieza, inspección, lubricación y apriete. Para lograr esto el departamento de producción debe implementar inspecciones rutinarias para detectar problemas. Siempre que sea posible se realizarán reparaciones menores, pero, sí el problema es muy difícil de manejar deberá solicitar apoyo al departamento de mantenimiento.

Nunca se debe estar completamente satisfecho hasta que cada operador y técnico entiendan y practiquen estas actividades. La forma más exitosa de lograr esto es “grupos pequeños de actividad” diseñados para facilitar la participación de todos.

## **2.6 La Visión de Mantenimiento Planeado**

Para poder implementar mantenimiento del equipo en línea con los objetivos del negocio, se debe cambiar en forma amplia la orientación del mantenimiento de la planta de mantenimiento basado en averías a mantenimiento preventivo y predictivo. Las plantas necesitan esto porque estas buscan en línea con el negocio minimizar el costo y maximizar la producción.

La misión de Mantenimiento Planeado es asegurar las mejores condiciones del equipo con el mínimo costo de mantenimiento, asegurando la funcionalidad del equipo en su nivel óptimo siempre que sea requerido para operar.

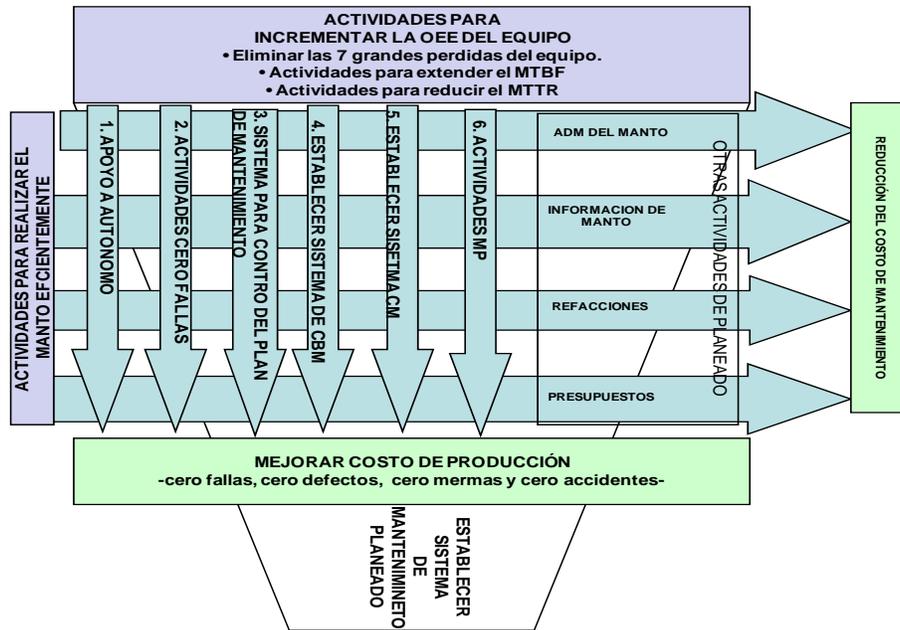
Para lograr este propósito, ambos departamentos deben asumir sus roles para el mantenimiento apropiado del equipo. Adicionalmente otras actividades como “Mejora Enfocada” y Prevención del Mantenimiento deben ser coordinadas para lograr los últimos ajustes hacia el mínimo costo de producción.

## **2.7 Procedimientos para la promoción de Mantenimiento Planeado**

Las actividades desempeñadas por el departamento de mantenimiento es un sistema práctico y concreto. Este requiere al departamento a: “decidir qué método de mantenimiento va a ser aplicado sobre qué parte del equipo para implementarlo sistemáticamente”.

A través de las actividades de TPM, el sistema de mantenimiento planeado se puede construir usando el esquema mostrado en la Fig. 9

Figura 9 El concepto de Mantenimiento Planeado



Es importante considerar el cambio de actitud de: “hacemos las cosas siempre y cuando estén en nuestro alcance” a “debemos mantener todo lo que es necesario”. Basados en este cambio de actitud podemos construir el sistema de mantenimiento a través de las actividades de TPM (Fig. 10)

Figura 10 Procedimiento de promoción de Mantenimiento Planeado



Figura 11 Plan de despliegue para construir un sistema de Mantenimiento Planeado

Actividades y puntos principales	2009												2010												2011											
	P1 MA. Limpieza total			P2 MA. Eliminación de RS y ADA			P3 MA. Estándar mínimo de MA. U.I.A.			P4 MA. Mejorar habilidades de la inspección			Paso 1			Paso 2			Paso 3			Paso 4			Paso 5											
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre							
<b>Mantenimiento Planeado</b>	Ayuda a la limpieza total																																			
1. Actividades de Soporte para el Departamento de Producción	Ayuda a solución de áreas de difícil acceso																																			
2. Actividades de Mantenimiento Autónomo	Educación Preliminar para habilidades de inspección																																			
3. Establecer plan de mantenimiento	Habilidades preliminares para la inspección (preparación)																																			
4. Desarrollo del sistema de información para la gestión de mantenimiento preventivo	Habilidades preliminares de la inspección total (implementación)																																			
5. Gestión de las relaciones	Análisis For qué - Por qué / Historia de averías																																			
6. Desarrollo del sistema de mantenimiento preventivo	Análisis cada avería por factor y acción del equipo a laborar. Iniciar LUP																																			
7. Lubricación	Actividades de restauración y de mejora y piezas deterioradas																																			
8. Mejora de las habilidades de mantenimiento	Rectificar los equipos (mantenimiento correctivo)																																			
	Revisar y mantener el equipo																																			
	Ranquear el equipo en base a su criticidad y seleccionar el método de mantenimiento																																			
	Preparar el estándar y el procedimiento de mantenimiento estándar																																			
	Practicar el mantenimiento basado en un calendario de																																			
	Registrar de cada avería																																			
	Sintetizar la información																																			
	Utilizar información automatizada en ejecución del mantenimiento																																			
	Realizar la selección de las piezas de repuesto																																			
	Determinar que piezas y que cantidad podrá estar en stock																																			
	Preparar estándar de control de piezas de repuesto																																			
	Estudiar las necesidades del mantenimiento preventivo																																			
	Aprender técnicas de diagnóstico para el equipo																																			
	Seleccionar los equipos y partes a diagnosticar																																			
	Actualizar las bases de datos en un formato simplificado																																			
	Investigar e integrar varios tipos de aceite																																			
	Promover controles visuales del sistema. Indicaciones de nivel, tipos de aceite, etc																																			
	Revisar el soporte de aceite																																			
	Estudiar los aspectos técnicos de los de los soportes y seleccionar el aceite																																			
	Preparar estándares de lubricación																																			
	Estudiar y planear dudas a nivel de un repuesto en cargo de las averías																																			
	Sintetizar métodos																																			
	Seminar sobre mantenimiento planeado																																			
	Evaluación y capacitación para integrar las habilidades																																			

## 2.8 Métodos de Mantenimiento.

El **mantenimiento preventivo (PM)** fue introducido en Estados Unidos en los años 50's, desde entonces involucra mantenimiento periódico (TBM) y mantenimiento predictivo (CBM).

Existen típicamente 4 tipos de mantenimiento planeado uno de ellos es el mantenimiento preventivo (PM) que a su vez se subdivide en tres categorías, entonces podemos considerar seis métodos de mantenimiento. Las características de cada uno son las siguientes:

### (1) PM (Mantenimiento preventivo).

El mantenimiento preventivo puede ser comparado con la medicina preventiva. Este mantiene al equipo en condiciones saludables, previene el deterioro por medio de las rutinas de mantenimiento, las inspecciones periódicas, diagnósticos y restauración del equipo. Hay tres métodos de PM como se muestra a continuación:

#### a. Mantenimiento periódico: Mantenimiento Basado en Tiempo (TBM)

El periodo de reparación es elegido en base a parámetros como (volumen de producción, piezas, horas de operación, días, etc.) una vez que el equipo cumple el ciclo se repara incondicionalmente.

Ventajas: Pocas averías y no requiere horas hombre para inspeccionar.

Desventajas: Los costos de mantenimiento son altos por el sobre mantenimiento.

#### b. Mantenimiento predictivo: Mantenimiento Basado en Condiciones (CBM)

El deterioro se monitorea y analiza regularmente y constantemente. Se repara cuando el parámetro de deterioro alcanza un valor crítico predeterminado.

Ventajas: CBM evita "exceso" de mantenimiento lo cual es un problema por el sobre costo.

Desventajas: El equipo de diagnóstico y monitoreo puede ser costoso.

#### c. Inspección y Reparación (IR).

Se desensambla e inspecciona el equipo regularmente, se evalúa la condición y se reemplazan las partes defectuosas encontradas.

Las características de IR pueden ser ubicadas entre CBM y TBM porque en algún sentido es un híbrido. Se requiere del ajuste de los programas de producción y requiere contar con repuestos.

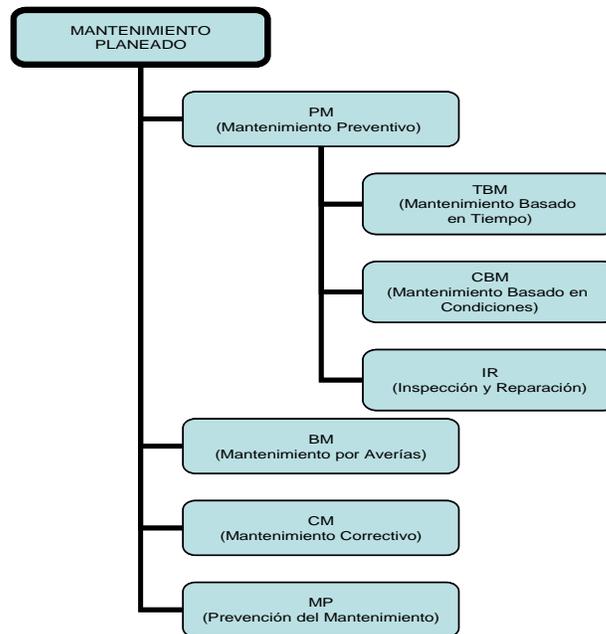
**(2) Mantenimiento por averías (BM).**

No se realizan inspecciones y reemplazos regulares el equipo se repara después de las averías (paros funcionales). Este es un buen método cuando la avería puede ser pronosticada.

Ventajas: Se extrae la vida útil al máximo sobre una pieza dada del equipo. Esto es lo más económico siempre y cuando la avería (paro) no afecte otros equipos.

Desventajas: Si hay numerosas partes del equipo que pueden estar fallando, esto va a afectar la cantidad y calidad de la producción.

Fig. 12 Tipos de Mantenimiento



### **(3) Mantenimiento Correctivo (CM).**

El mantenimiento correctivo involucra mejoras en mantenibilidad y confiabilidad, prevención de recurrencia de averías, extensión de vida útil, reducción del tiempo de mantenimiento, mejoras en productividad, etc.

### **(4) Prevención del mantenimiento (MP).**

La prevención del mantenimiento incorpora mantenibilidad tanto de Planeado como de Autónomo en el diseño de nuevos equipos. La información de Mantenimiento Correctivo es una excelente fuente de información para MP. La prevención del mantenimiento puede ser pro activamente implementado no solo durante las etapas de diseño sino también durante las modificaciones de equipos actuales.

## **2.9 Actividades para Reducción de Averías (Actividades Cero Averías).**

Como se ha venido comentando Mantenimiento planeado debe ser implementado primeramente sobre actividades de reducción de averías y gradualmente establecerse como un sistema de mantenimiento planeado, para esto vamos a revisar como reducir las averías, como clasificar el equipo y como seleccionar el método de mantenimiento.

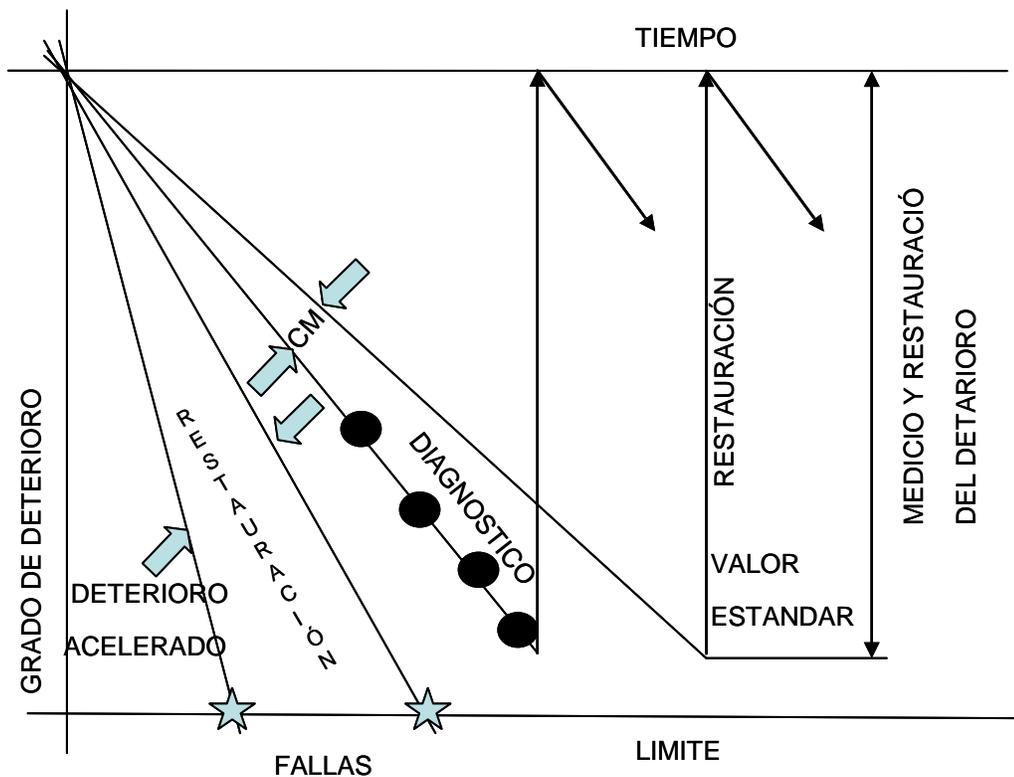
La primer cosa que debemos hacer durante la construcción de un sistema de mantenimiento es la eliminación de las averías imprevistas a través de las actividades de restauración y mejora. Para hacer esto las siguientes actividades deben ser implementadas a través de la cooperación de los equipos de producción y mantenimiento.

1. Implementar restauración profunda y mejoras en el equipo a través de Mantenimiento Autónomo.
2. Desarrollar operadores competentes para fortalecer la gestión rutinaria del equipo.

El grupo profesional de mantenimiento realiza actividades cero averías a través de los siguientes pasos:

1. Identificando factores de deterioro forzado implementando restauración y mejora en la condición del equipo (Extensión de vida útil I).
2. Sobre esto, extender la vida útil de partes importantes por medio de Mantenimiento Correctivo (Extensión de vida útil II).
3. Identificar e investigar los patrones de deterioro natural de partes importantes del equipo.
4. Iniciar mantenimiento preventivo por medio de Mantenimiento Periódico para buscar parámetros de deterioro.
5. Implementar mantenimiento predictivo en partes con vida útil fluctuante y sostener cero averías por medio de controlar el deterioro dentro de límites de control.

Fig. 13 muestra la idea general.



## 2.10 Clasificación del equipo basado en criticidad.

La clasificación del equipo debe decidirse considerando que tanto el equipo puede afectar el volumen de producción y la calidad. Generalmente esta clasificación se hace basada en cinco factores, cada factor es evaluado para determinar la criticidad del equipo.

El método apropiado de mantenimiento depende del tipo de criticidad.

Los cinco factores son los siguientes:

1. Volumen de producción.
2. Efecto en la calidad.
3. Efecto en el costo.
4. Efecto en la entrega de producto.
5. Efecto en seguridad.

Fig. 14 Ejemplo de evaluación de criticidad para seleccionar un método de mantenimiento.

Temas a Evaluar	Consideraciones	Puntaje
Producción	La planta completa para sí el equipo falla	5
	La planta produce menos si el equipo falla	3
	La producción no se afecta si el equipo para	0
Calidad	La calidad es muy afectada si el equipo falla	5
	La calidad es afectada si el equipo falla	3
	La calidad no se afecta si el equipo falla	0
Mantenimiento	Costo de reparación muy alto si hay una falla imprevista	5
	Costo de reparación moderado	3
	El costo de reparación es insignificante	0
Seguridad	La falla del equipo puede resultar en muerte, lesiones o fuego	5
	La falla el equipo puede resultar en un accidente	3
	No hay peligro ni problemas secundarios	0
Años de uso	Más de 20 años	5
	Entre 10 y 20 años	3
	Menos de 10 años	0

Hay diferentes opciones para establecer los criterios y las consideraciones en una evaluación de criticidad, estos deberán ser seleccionados de acuerdo a las necesidades y características de cada planta.

Para fines de acentuar la criticidad se pueden multiplicar los puntajes de tal manera que si un equipo resulta con evaluación 5 en cada aspecto el resultado final será  $5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 = 3125$ .

## 2.11 Selección de las partes del equipo a ser mantenidas y selección del método de mantenimiento.

### 2.11.1 Las partes a ser mantenidas y el método de mantenimiento.

Como se reviso previamente el equipo se clasifica en términos de criticidad y basados en esto se determina el método apropiado de mantenimiento, pero, antes de seleccionar el método de mantenimiento, las partes del equipo necesitan ser identificadas.

Las partes a ser mantenidas en el equipo deberían ser identificadas durante el diseño y fabricación del mismo usando métodos como FMEA ó FTA. En cualquier caso para equipos de producción, las partes a ser mantenidas son usualmente identificadas solamente después de la experiencia de muchas averías en la fase de producción.

Una vez que las partes a ser mantenidas han sido seleccionadas, es necesario decidir que método de mantenimiento puede ser mantenido.

Hay dos factores esenciales para seleccionar el método de mantenimiento:

1. Criticidad del equipo.
2. Factores de deterioro.

Es importante verificar si los factores de deterioro o el ritmo de deterioro son proporcionales a parámetros operacionales como son el tiempo de uso del equipo, volumen de producción o el número de veces que el equipo ha sido operado.

Si es proporcional se selecciona mantenimiento periódico (TBM). Si no, se selecciona mantenimiento predictivo (CBM) ó inspección y reparación (IR).

La selección del método de mantenimiento requiere considerable experiencia y conocimiento acerca del equipo. Un ejemplo de un procedimiento de selección más detallado se describe a continuación.

#### 2.11.2 Diagrama de flujo para la selección del método de mantenimiento.

1. ¿Está la vida útil garantizada en el periodo de tiempo de un IR y el siguiente IR?  
Sí la respuesta es sí use el equipo sin deterioro acelerado e implemente IR siempre que sea apropiado. Si no continúe con el siguiente paso.
2. ¿Hay factores de deterioro acelerado que continúan fuera de control?  
Este paso verifica que el seguimiento de la gestión rutinaria del equipo es realizado apropiadamente.  
Si no, hay que regresar a las bases y eliminar los factores de deterioro acelerado, Si la respuesta es sí, siga al siguiente paso.
3. ¿Es la vida útil de la parte razonable?



Fig. 16 Diagrama para la selección del método de mantenimiento.

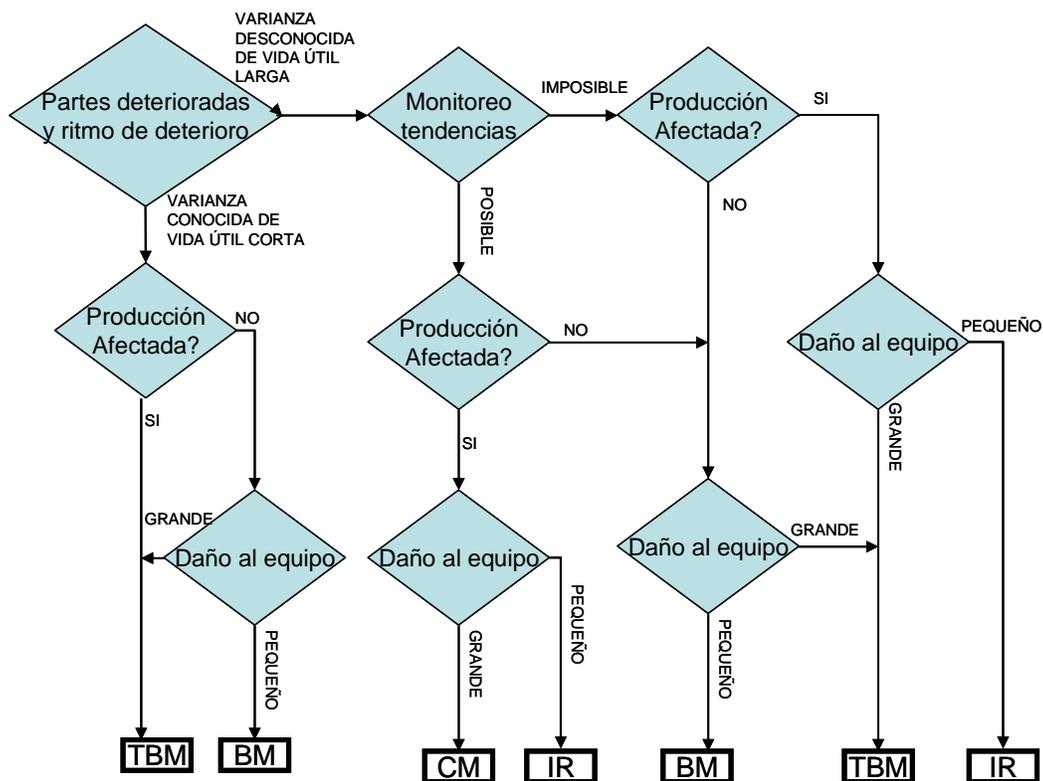


Tabla 2.1 Criticidad del Equipo y Método de Mantenimiento

CLASIFICACIÓN POR CRITICIDAD	GRADO DE CRITICIDAD	CLASIFICACIÓN POR MANTENIMIENTO	MÉTODO DE MANTENIMIENTO		
			TBM	CBM	BM
AA	EQUIPOS MAS CRÍTICOS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN (3-5%)	PM GRADO ESPECIAL	BASE	FOCO	
A	EQUIPOS CRÍTICOS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN	PM PRIMER GRADO	FOCO	BASE	
B	MENOS CRÍTICOS QUE A	PM SEGUNDO GRADO	BASE		BASE
C	EQUIPOS DE BAJA CRITICIDAD	BM GRADO			BASE

## **2.12 Actividades de soporte para Mantenimiento Autónomo.**

### 2.12.1 La necesidad de apoyar a Mantenimiento Autónomo.

Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento planeado son parte de un sistema inseparable, donde mantenimiento planeado está centrado en mantenimiento preventivo el cual solo puede ser promovido sí y solo sí el mantenimiento rutinario es realizado adecuadamente por parte de Mantenimiento Autónomo.

El departamento de mantenimiento tiende a tener una actitud negativa en cuanto a proveer soporte a Mantenimiento Autónomo. Tal vez sienten que “es responsabilidad del departamento de producción hacerse cargo de las actividades de Mantenimiento Autónomo” en cualquier caso, si se ve con detalle las actividades de Mantenimiento Autónomo son trabajo extra para los operadores y son adicionales a las actividades propias de producción, sobre esta base el departamento de Mantenimiento debe dar soporte de manera activa y sistemática.

### 2.12.2 Los siete pasos de Mantenimiento Autónomo y el soporte necesario por Mantenimiento.

Dependiendo del tamaño de la organización y de la estructura de la fábrica los operadores no están generalmente preparados para manejar el cuidado del equipo, por eso es muy difícil para ellos manejar implementar Mantenimiento Autónomo solos. Como especialistas del mantenimiento en campo, el departamento de mantenimiento debe regularmente proveer soporte a los esfuerzos de Mantenimiento Autónomo.

Consideremos los siete pasos de Mantenimiento Autónomo y el soporte necesario en cada uno.

#### (1) Paso 1: Limpieza Inicial (Limpieza es inspección)

Eliminar las cosas innecesarias así como la suciedad del equipo, una vez hecho esto implementar lubricación y apriete. Detectar anomalías en el equipo y restaurarlas. Después que los operadores limpian e inspeccionan su equipo con sus propias manos y ojos ellos eventualmente van a detectar anomalías en partes relacionadas con deterioro ignorado y fuentes de suciedad.

Esto es lo que significa “Limpieza es inspección”. TPM inicia con actividades de limpieza lo cual no es muy gratificante por ser una tarea pesada. Entonces es muy

importante que el departamento de mantenimiento participe activamente y que “comparta las penas y sufrimientos”.

Durante esta etapa temprana es importante enseñar apropiadamente a los operadores cuáles son las anomalías sobre el concepto de “limpieza es inspección”, en cualquier caso es requisito enseñar no solamente desde un punto de vista técnico sino sobre las anomalías que ellos son capaces de solucionar.

(2) Paso 2: Contramedidas contra fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso.

Eliminar fuentes de contaminación. Mejorar el acceso a áreas que son difíciles de limpiar, inspeccionar, lubricar y apretar, reduciendo el tiempo requerido para la ejecución de estas tareas. Esto para asegurar el cumplimiento de los requerimientos básicos. También se busca el desarrollo de las habilidades de mejora en el operador.

Se deben hacer estimaciones de horas hombre y presupuestos necesarios para cubrir con los requerimientos. Típicamente se colocan tarjetas azules y rojas como método de control, las azules identifican anomalías que pueden ser resueltas por el operador y las rojas con resueltas por el departamento de mantenimiento, en cualquier caso se debe entrenar al operador para que resuelva tantas como sea posible.

Se prepararan herramientas, materiales, aparatos y espacio necesarios para implementar las mejoras, idealmente defina una esquina en el taller ó en el área de producción para que los operadores trabajen sobre las mejoras, no los forcé a usar herramientas y equipos que no conozcan, pero, a través del entrenamiento dé los conocimientos y habilidades necesarios para hacer sus tareas.

(3) Paso 3: Preparación de estándares tentativos de limpieza, inspección, lubricación y apriete.

Prepare estándares tentativos, factibles, sencillos y prácticos, pero en cualquier caso adecuados. Es necesario que el tiempo requerido para las diferentes tareas les permita realizar los estándares de forma rutinaria y regular. Si las tareas son demasiado arduas o complejas los operadores van a resistirse a implementarlas apropiadamente.

Una razón válida para que los estándares sean realizados hasta el paso3 es que en los pasos 1 y 2, el equipo fue mejorado por las diferentes actividades de mantenimiento y a través de la experiencia ganada en estos pasos, los operadores han aprendido e identificado por su cuenta los diferentes puntos de lubricación, inspección, limpieza y apriete, esto es muy importante para que ellos se hagan cargo de la preparación e implementación del estándar.

Desde el punto de vista del departamento de mantenimiento, puede haber muchos puntos innecesarios en los estándares preparados por los operadores. El departamento de mantenimiento debe ser cuidadoso para que estos no luzcan como estándares elaborados por el departamento de mantenimiento, en otras palabras es crítico que los operadores identifiquen los estándares tentativos como propios y no como una rutina impuesta.

(4) Paso 4: Inspección General.

Mejorar las habilidades de inspección a través de desarrollar una inspección manual. Detectar defectos menores y restaurar el equipo.

Este paso requiere un alto nivel de habilidades de mantenimiento así como mucho tiempo.

Los Pasos 1-3 pueden ser considerados como una restauración y mejora del exterior del equipo. El paso 4 puede ser considerado como una inspección de las partes interiores del equipo. El paso 4 es como un mantenimiento mayor con el equipo en operación.

Para lograr una inspección general se requieren habilidades y conocimientos de mantenimiento sobre tecnologías relacionadas como hidráulica, neumática, electricidad, lubricación, mecanismos, etc. Con estos conocimientos los operadores van a lograr una mucha mejor operación y mantenimiento del equipo.

El soporte está enfocado al desarrollo de las habilidades de mantenimiento. Primero el departamento de mantenimiento debe implementar un programa de entrenamiento para los operadores líderes y a su vez ellos deben desplegar el conocimiento al resto de los operadores.

Se desarrolla material de soporte con contenido práctico e ingenioso, también es importante privilegiar el entrenamiento práctico (70%) sobre el teórico. Se ayuda a los operadores a entender que partes del equipo deben ser inspeccionadas, cómo inspeccionarlas y con qué frecuencia.

La inspección general se implementa sobre cada parte del equipo con paros programados donde el operador implementa la inspección y reparación poco a poco. Ellos van a colocar un gran número de tarjetas rojas por lo que es importante que el departamento de mantenimiento responda rápidamente.

(5) Paso 5: Inspección Autónoma.

Preparar los estándares de limpieza, inspección, lubricación y apriete, que aseguren un ejecución confiable y eficiente. Hacer las hojas de verificación de la inspección y basados en esto, implementar las actividades de inspección.

Como Mantenimiento Autónomo del equipo este es el momento para preparar los estándares formales de Mantenimiento Autónomo tomando en cuenta los resultados de la inspección general realizada en el paso 4, basados en esto revisar los estándares tentativos preparados en el paso 3.

Tres puntos clave para Mantenimiento Autónomo son: el estándar de mantenimiento autónomo, la hoja de verificación de la inspección autónoma (en forma de calendario mensual), y el registro de cierre de anomalías detectadas durante la inspección.

El estándar de inspección autónoma desarrollado en paso 5, es el estándar final. Cuando se prepara es importante clarificar la división de tareas entre los departamentos de producción y mantenimiento, esto debe realizarse comparando ambos estándares.

En esta etapa el departamento de mantenimiento debe estandarizar sus tareas sobre cada pieza del equipo. Con el propósito de tener un equipo que no produzca defectos de calidad ambos departamentos deben trabajar juntos para identificar la relación entre los defectos procesados y el deterioro de partes a ser mantenidas.

Es necesario implementar el monitoreo del deterioro del equipo por medio del uso de características alternativas, entonces debemos desarrollar a los operadores para que puedan desarrollar diagnósticos usando equipos simplificados de monitoreo (como por ejemplo analizadores de vibraciones).

(6) Paso 6: Estandarización.

Desarrollar estándares para el control de los puntos de producción. Implementar una sistematización perfecta del control de mantenimiento.

(7) Paso 7: Gestión Autónoma.

Implementar objetivos y mejoras en línea con la estrategia y políticas de la compañía.

Los pasos para el desarrollo del sistema de mantenimiento autónomo están claramente asociados con las cinco contramedidas para lograr cero averías. También impulsan a los operadores por medio de los líderes de grupo a restaurar y mejorar su equipo de una manera que ellos no imaginaban.

Otro aspecto importante es que se desarrollan los operadores en las competencias de operación de sus equipos y en la auto suficiencia para mantenerlos.

APLICACIÓN PRÁCTICA  
(LINEA TBA 22)

Para facilitar la explicación del despliegue de actividades me voy a basar en el plan de despliegue que se muestra en la página 27, el cual contempla las ocho actividades de mantenimiento planeado y que en esencia son una excelente guía para su implementación:

1. Actividades de soporte para el Departamento de Producción.
2. Actividades “cero averías”.
3. Establecer Plan de Mantenimiento.
4. Desarrollo del sistema de información para la gestión de Mantenimiento.
5. Gestión de las refacciones.
6. Desarrollo del sistema de mantenimiento predictivo.
7. Lubricación.
8. Mejora de las habilidades de mantenimiento.

Debido a que el mantenimiento planeado es de aplicación general, sé decidió implementar el modelo de despliegue a toda la Planta, esto me permite hacer uso de información general, sin embargo, principalmente haré referencia en este trabajo a la línea TBA 22, la cual se tomo como línea modelo para la implementación de las actividades, hago este énfasis por que fue necesario la aplicación de la teoría en otras líneas lo que de alguna manera facilitó una mejor aplicación en la línea base de este trabajo.



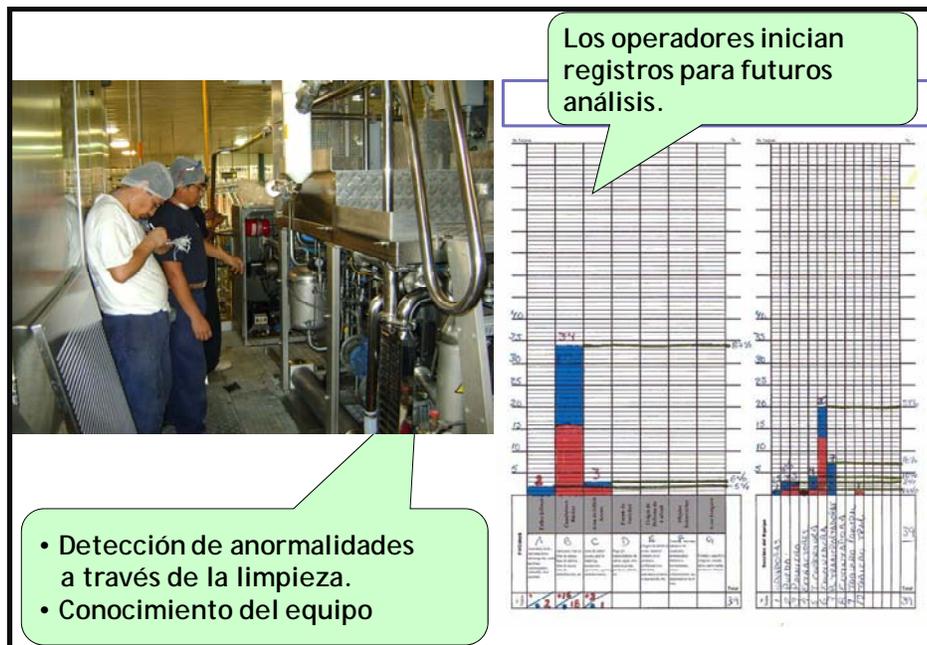
### 3.1 Actividades de soporte para el Departamento de Producción.

El primer paso que se implemento por el departamento de producción con apoyo de mantenimiento planeado fue **“Limpieza Inicial”** y tuvo como propósito restaurar el equipo y llevarlo a condiciones originales, la idea fue que a través de todos los sentidos el operador detectara las anomalías que existían en su equipo y que cada anomalía se registrara con tarjetas de color rojo, azul ó amarillo, las de color azul fueron solucionadas por el operador, las de color rojo y amarillo por el técnico de mantenimiento, en las amarillas se registraron puntos de seguridad que se resolvieron en plazos no mayores a un mes. El punto esencial fue que no se trataba de una limpieza sanitaria sino de una limpieza para que el operador conociera mejor su equipo y desarrollara una profunda curiosidad por entender cómo funciona su equipo y bajo que principios de operación. El resultado final fue un equipo restaurado y un operador que desarrollo un sentido de pertenencia por el mismo, también gano claridad sobre cuáles son las condiciones básicas a cuidar. En este paso el foco del departamento de Mantenimiento Planeado fue el dar soporte para solucionar las tarjetas rojas, se participó junto a los operadores en las actividades de limpieza e inspección del equipo, así como en la trasferencia de habilidades enfocadas al cuidado de las condiciones básicas (limpieza, inspección, lubricación y apriete). Para facilitar la implementación y seguimiento del proceso los operadores y técnicos de mantenimiento se apegaron a tres aspectos fundamentales: 1.- Desarrollar y mantener actualizado un tablero de actividades, 2.- Realizar reuniones diarias a pie de tablero que les permitió dar fácil seguimiento a las actividades planeadas así como a los resultados de las mismas 3.- Preparar e impartir lecciones de un punto (LUP) para favorecer la trasferencia de habilidades.

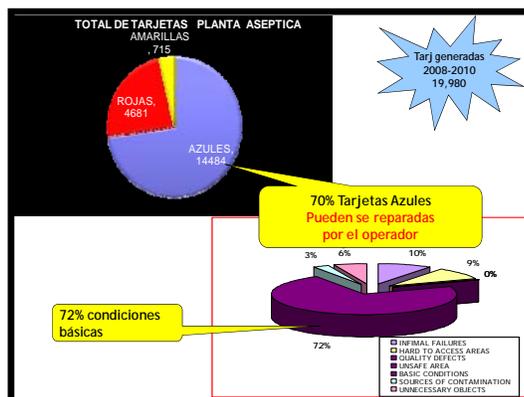
Como evidencia del cumplimiento de estos tres aspectos a continuación se muestra el tablero de la línea TBA 22 y la realización de una reunión dirigida por el operador de la llenadora, todo esto a pie de tablero en donde en la actualidad se continúan realizando reuniones diarias en la que se revisa el seguimiento a acuerdos, se actualiza información, se monitorean tendencias y cumplimiento de objetivos, se imparten lecciones de un punto sobre nuevos conocimientos ó experiencias. En dos años se levantaron aproximadamente 4700 tarjetas rojas de las cuales se resolvió más del 90%, esto fue muy relevante considerando que la línea tenía menos de dos años de haber iniciado operaciones.



Tanto las tarjetas rojas como las azules se registraron en formatos que permitieron identificar los tipos de anomalías y la identificación del equipo con más problemas. En la figura de abajo por ejemplo se registraron las tarjetas rojas en un formato que clasifica por tipo de anomalía y se encontró que el no cumplimiento de las condiciones básicas del equipo representaba casi el 72 % del total de tarjetas rojas y azules. En el mismo formato se identificó que además la mayoría de estas tarjetas correspondían a un sistema específico, todo esto facilitó enfocar esfuerzos tanto de solución de tarjetas como de aplicación de planes de mejora.



Entre otras acciones se reforzó la importancia de la aplicación correcta de los estándares de mantenimiento autónomo, lo cual fue fácil a partir de información como la mostrada en la gráfica, ya que el operador pudo relacionar el impacto del cumplimiento de sus actividades por tipo de anomalía y sección del equipo.



En resumen los resultados de esta paso fueron:

Gente:

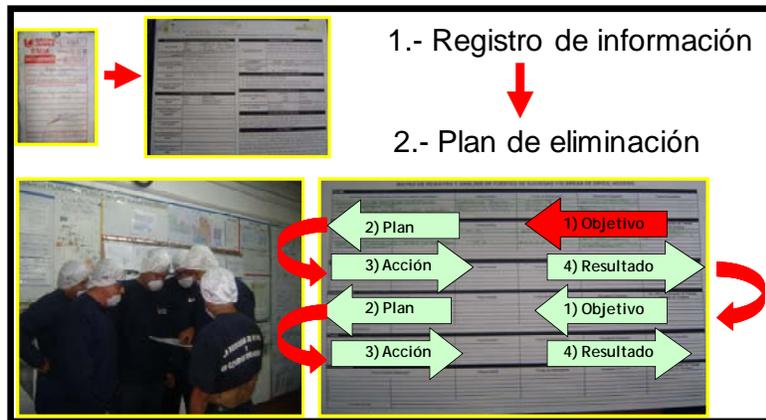
Se logro el involucramiento del operador en el cuidado de las condiciones básicas de su equipo y en la detección de anomalías, esto permitió lograr niveles superiores a 90% en la solución de tarjetas rojas y azules, se establecieron reuniones regulares que permitieron mejorar la comunicación entre operadores y personal de mantenimiento, se inicio un proceso formal de transferencia de habilidades de mantenimiento hacia personal de producción y esto ayudo de manera especial a romper el esquema de “tu reparas, yo opero”.

Equipo:

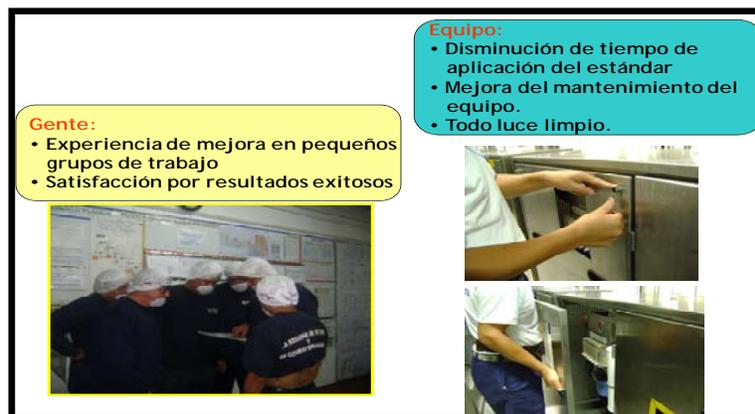
Del total de anomalías encontradas y restauradas se identificó que más del 70% estaba relacionada a condiciones básicas, es decir la mayor cantidad de anomalías se originaban por falta de cuidado en la limpieza, inspección, lubricación y apriete del equipo. Esto permitió reforzar la importancia del involucramiento del operador en estas actividades de mantenimiento autónomo. Se alcanzó hasta un 100% de anomalías visibles identificadas. El equipo mejoró su apariencia así como su desempeño, esto principalmente se manifestó como una disminución en frecuencia de averías del orden de 30% respecto del año anterior.

El segundo paso que se implemento con apoyo de planeado fue **“Eliminación de Fuentes de Suciedad (FS) y Áreas de Difícil Acceso (ADA)”**. Las actividades de este paso se centraron en eliminar, reducir ó contener todas aquellas fuentes que ensuciaban el equipo, así como en facilitar la operación y el cuidado de las condiciones básicas. La realidad es que a nadie le gustaba estar limpiando y limpiando algo que se ensuciaba sistemáticamente por lo que el verdadero beneficio alcanzado en este paso fue el demostrar a los a los operadores el potencial que se tiene cuando les enseñamos a eliminar tanto fuentes de suciedad (FS) como áreas de difícil acceso (ADA), de tal manera que mantenimiento planeado en esta etapa se enfoco justamente al apoyo y enseñanza de cómo se eliminan FS y ADA, esto fue muy importante considerando que se requirió presupuesto para hacer mejoras en el equipo y que estos recursos provienen normalmente de mantenimiento, de tal manera que por un lado se cuidó la motivación e involucramiento del grupo y por otro se les enseñó a buscar soluciones prácticas, sencillas y de bajo costo.

El cuadro siguiente muestra el proceso que se siguió para la eliminación de las FS y ADA, básicamente se tomaron las tarjetas rojas que se referían a estos dos aspectos y se registraron en un formato donde se cuantifico la cantidad de suciedad que se genera al limpiar ó el tiempo que se invierte en mantener limpio ó inspeccionar un componente determinado, con esta información se establecieron objetivos medibles, una vez definidos se elaboró un plan de trabajo, se implementaron las acciones y se revisaron los resultados, sí se lograba eliminar el ADA ó FS se tomaba la siguiente tarjeta, sí no se establecían nuevas acciones.



El conseguir logros significativos a través de estas actividades en pequeños grupos de trabajo impacto significativamente en el involucramiento de personal y esto se reflejo en que el equipo luciera limpio y que se facilitara la aplicación de estándares de autónomo.



En resumen los resultados de este paso fueron:

**Gente:**

Se logro eliminar el 65% de las fuentes de contaminación y 72% de las áreas de difícil acceso, el resto se simplifico ó reubico, estos logros impactaron en la moral del equipo de trabajo porque ellos pudieron palpar el beneficio de trabajar sin las fuentes que ensuciaban su equipo ó que dificultaban sus actividades rutinarias de operación y mantenimiento.

**Equipo:**

Al reducir las fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso se logró disminuir el tiempo necesario para aplicar el estándar de mantenimiento autónomo de 30 minutos promedio a 18 minutos, esto se reflejo en un 98% de cumplimiento en actividades de mantenimiento autónomo.

En el paso tres llamado **“Estándares tentativos de Limpieza, Inspección, Lubricación y Apriete (LILA)”** se transfirió la experiencia ganada hasta el momento a un documento que permitió dar fácil seguimiento y aplicación al mismo, este documento se preparo por el operador, sin embargo Mantenimiento Planeado superviso su elaboración y valido que se aplicará en forma correcta, este aspecto fue de crucial importancia porque la aplicación de este estándar (LILA) se constituyó como la basé del sistema de mantenimiento planeado en la planta. Se dice que es tentativo porque todavía no se capacita a fondo al operador para poder incorporar las mejorar finales y por otro lado la realidad es que siempre va a estar sujeto a mejoras por lo que de alguna manera siempre será un estándar LILA tentativo.

Toda la experiencia ganada se registró en el estándar tentativo de mantenimiento autónomo, las principales fuentes de información fueron: manual del equipo, tarjetas de anomalías, lecciones de un punto, análisis de averías, experiencia de operador y del mecánico, etc. Se privilegio que el documento fuera lo más sencillo y visual posible.

**Estándar Provisional de Limpieza, Inspección, Lubricación y Reapriete**

ELABORADO		AUTORIZADO		ESTÁNDAR PARA MANOBRAS DE PRODUCCIÓN							
LLENADORA 22-3		Área		ESTÁNDAR # 17							
Esquema de la Máquina / Equipo	Máquina	Limpieza	Lubricación	Apriete o Bloqueo	Inspección	Mano de obra	Material	Medio de Inspección	Medio de Registro	Medio de Comunicación	Medio de Almacenamiento
<b>AREA Y UNIDAD DEL CIP</b>	No.	Lugar	Medio de Limpieza	Medio de Lubricación	Medio de Apriete o Bloqueo	Medio de Inspección	Medio de Registro	Medio de Comunicación	Medio de Almacenamiento	Medio de Inspección	Medio de Registro
1	AREA DEL CIP	APLICAR JABON LAVAR Y ENJUAGAR CON AGUA LIMPIA Y SECA CON TIRADO ALREDEDOR									
2	TUBERIAS DE CIP	APLICAR JABON CON LA FERRA Y RETIRAR CON TIRADO ALREDEDOR			MANUAL	APRIETAR LOS APRIETAZOS PUNTALES DEL CIP	MANEJAR ESTE DOCUMENTO EN LA LINEA DE PRODUCCION CONTROLAR VAPORES ANOMALIA	VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE EN LOS DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO	REVISAR LA PRESION EN LA LINEA DE PRODUCCION CONTROLAR VAPORES ANOMALIA		
3	GABINETE DE VALVULAS	FRICCIÓN LA UNIDAD Y LAS VALVULAS									
4	GABINETE DE DEPÓSITO DE QUÍMICOS	APLICAR JABON LAVAR Y ENJUAGAR CON AGUA LIMPIA Y SECA CON TIRADO ALREDEDOR									
5	UNIDAD DE TRANSPORTADOR	APLICAR JABON CON LA FERRA Y RETIRAR CON AGUA LIMPIA Y SECA CON TIRADO ALREDEDOR									

**MATERIALES PARA LIMPIEZA:** Jabón, agua, ferra, etc.

**MATERIALES PARA LUBRICACION:** Aceite, grasa, etc.

**HEERRAMIENTAS:** Llave, destornillador, etc.

**METODO DE INSPECCION:** Visual, etc.

**TARJETAS ROJAS:**

**INF. TECNICA DE MANUALES:**

**LUP'S:**

Se colocaron cientos de controles visuales entre los que destacan caratulas de manómetros, nivel de aceite, puntos de inspección, etc. también se elimino tornillería de

guardas las cuales se desmontaban con frecuencia para realizar las rutinas de inspección, entonces al colocar controles visuales y sustituir tornillos por ganchos se facilito la inspección del equipo y por ende el cumplimiento de las actividades.



**Gente:**

- Experiencia transferida al estándar.
- Menos tiempo para aplicarlo .
- Mejores habilidades de limpieza, lubricación, apriete, inspección

**•Equipo:**

- Se ha mejorado en limpieza  
Apriete, lubricación e  
Inspección.
- Disminución de averías.

En resumen los resultados de este paso fueron:

Gente:

La experiencia ganada se documentó y transfirió a los estándares tentativos, se homologaron los criterios de aplicación de las rutinas de autónomo entre los diferentes grupos ó turnos, se inició la capacitación en temas generales como fueron lubricación, neumática básica, hidráulica, medición mecánica, dibujo y croquizado, etc., todo esto con el fin de reforzar las habilidades de inspección tanto de operadores como de técnicos de mantenimiento.

Equipo:

Se desarrollaron más de 50 estándares de mantenimiento autónomo para toda la línea, se logró cumplir con el 98% de las actividades de los estándares tentativos, se realizó un ejercicio de redefinición de roles entre Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planeado, el cual se basó en la información ya documentada en los estándares. Se implementaron controles visuales enfocados a simplificar ó facilitar la aplicación de rutinas de mantenimiento autónomo.

El paso cuatro se refiere al **“Desarrollo de habilidades de inspección”** y se continúa con su despliegue en la actualidad, este paso ha sido un aspecto importante por la cantidad de capacitación que se ha desarrollado y que principalmente está enfocada a “Tópicos Específicos”, se puede decir que este paso marco un parte aguas en lo que al desarrollo de los operadores corresponde, de alguna manera de paso 1 a paso 3 se logró un crecimiento discreto en las personas y en contraparte se observó un mayor avance en la restauración del equipo lo que significa que muchos operadores implementan las actividades de su pilar sin un total convencimiento de los resultados y fue justamente en paso 4 donde se ha logrado concretar el entendimiento de la filosofía por parte del operador. Un punto determinante en este cambio de cultura de trabajo fue el hecho de que se pasa de una inspección basada en los cinco sentidos a una inspección basada en el entendimiento total de principios de funcionamiento, valores, dimensiones, ajustes, métodos de medición, etc. Para enfocar la capacitación se desarrolló una matriz de modo de falla la cual permitió definir tópicos específicos y generales, estos puntos se convirtieron en los temas a preparar por personal de mantenimiento, una vez impartido el tema se inspeccionó el área ó componente bajo la premisa de hacer una inspección profunda que revelará problemas latentes que no se pudieron identificar en pasos anteriores, todas estas anomalías se documentaron con tarjetas azules y están siendo resueltas por el operador, al terminar la restauración se revisó nuevamente el estándar LILA para agregar aspectos nuevos ó eliminar otros no útiles en función de los nuevos conocimientos adquiridos, se evaluó el impacto de las actividades con foco en el logro “cero averías” ó una reducción significativa de fallas en los componentes sobre los que se impartió capacitación El paso ha requerido al menos un año para su implementación y es predecible que por la importancia del mismo no se debe precipitar el avance por lo que cada tópico impartido se ha estado evaluando por separado.

A continuación se muestra la matriz de modo de falla utilizada para preparar tópicos específicos y generales, los cuales son utilizados para capacitar a operadores por parte de personal de mantenimiento.

Sección de máquina		Componente Especifico	Electric/Instrumentation				Lubrication				Mechanic/Neumatic/Hidraulic									
			Load tension	Calibration Temp.	Calibration Press.	Non-Calibrated	False contact	Non signal	Broken wires	High temperature	Low level	Oil leaking	Insufficient	Excess	High Friction	Deformed	Wearing/weaken	Fissure	Movement Reg.	Air pressure leakin
Longitudinal Sealing	Pressure Rolls																			
	Heating Element																			
	Guides																			
	Superior ring																			
	Inferior ring																			
Filling	Electrical systems																			
	Process valves																			
	Flotador																			
	Control System																			
Transversal Sealing	Sensors																			
	Chains																			
	Shafts																			
	Bearings																			
	Guides																			
	Sprockets																			
	Chains																			
	Lubrication systems																			
	Jaws																			
	Knives																			
	IPC bars																			
	Collectors																			
Sensors																				
Control System																				
Electrical systems																				

En total se desarrollo material para impartir 12 tópicos, abajo se muestra el caso del “Sistema de Sellado y Corte Transversal”

30% en teórico con instructor interno

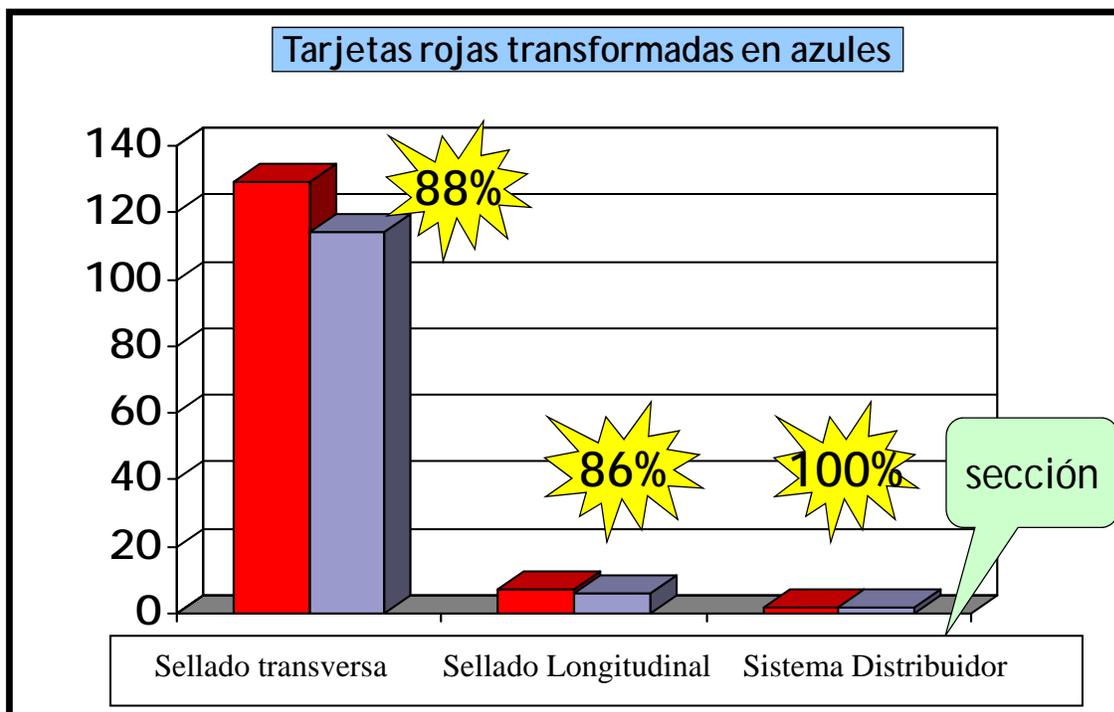
**Sistema de Sellado y Corte Transversal**

Máquina Tetra Pak

Material didáctico desarrollado por personal de MP

70% de entrenamiento en piso

Una vez impartida la capacitación los operadores reclasifican tarjetas rojas a azules, las solucionan y modifican sus estándares de mantenimiento autónomo.



Los pasos 5 a 7 se refieren a **“Inspección Autónoma”**, **“Estandarización”** y **“Gestión Autónoma”** respectivamente. Estos tres pasos no se van a explicar en este trabajo, la razón principal es que la línea piloto se encuentra al 80% de implementación de paso 4.

### 3.2 Actividades “Cero Averías”

El foco de esta actividad fue que no debía ocurrir ninguna avería sin que se analizara y que su causa raíz fuera identificada plenamente, para esto se desarrollaron dos actividades fundamentales: (1) Documentar cada falla en el formato de Registro de Historia de Avería y (2) Realizar revisiones sistemáticas al Árbol de Perdidas.

#### (1) Registro de Historia de Avería

Debido a la cantidad enorme de averías que se presentaban cada día resultaba imposible documentar cada una de ellas y por consecuencia el pensar en identificar la causa raíz prácticamente estaba descartado. Para facilitar el proceso se definió documentar solo las principales fallas y en específico las que tuvieran duración de más de una hora, esta decisión tuvo un efecto positivo porque permitió al personal de mantenimiento conocer las ventajas del documento y muy pronto se consolidó su uso por sus características de fácil

llenado. El Registro ó Historia de Averías es un formato en el que se documenta cada avería que ocurre en el equipo y tiene el propósito dejar claras las causas de la falla y generar información histórica que permita dar un seguimiento apropiado a las acciones tomadas para eliminarla. Este documento se compone de cuatro partes: (1) Esclarecimiento del fenómeno ó falla, (2) análisis 5 porque, (3) clasificación en factores y (4) esquematización ó dibujo de la falla.

Para ejemplificar como se ha estado utilizando se muestra el formato con el que se registró una falla que se reflejaba como “Atoramiento del Plegador”, donde el plegador es el dispositivo que dobla y pega las esquinas del envase de cartón, el problema típicamente se resolvía desatorando el envase y esto propiciaba que la falla se repitiera sistemáticamente, el documentar la falla en el formato obliga al Técnico y/o Operador de la línea a ser mas observadores, con esto se identificó que la verdadera causa de la falla eran un par de tornillos flojos, los cuales no estaban incluidos en el listado de actividades de mantenimiento planeado. Es un hecho que la mayoría de las veces las fallas se documentan después de que se resolvió el problema y esto es lógico considerando que hablamos de líneas que tienen un plan de producción que cumplir, sin embargo esto no minimiza el potencial que se tiene al documentar cada falla validando que la medida tomada realmente se enfoco a la causa raíz de la falla y que se clasificó en uno de los cinco factores generadores de averías: 1. No cumplimiento de condiciones básicas (limpieza, lubricación, inspección y apriete), 2. Deterioro ignorado, 3. No cumplimiento de requerimientos de uso, 4. Falta de habilidades ó 5. Diseño débil.

Parte frontal del "Registro ó Historia de Avería"

	<b>Dirección de Manufactura</b>	Clave: FR-MP-001
		Pagina: 1/2
Fecha de Aprobación 07-12-07	Revisión 001	Tipo de Documento Aprendamos de las averías

### Registro Aprendamos de las Averías

Línea:	11	Máquina	TWA No. 3	Parte de la máquina	Plegador
Operador:	Josué Hernández Aguilar	Técnico:			Miguel Ángel Mtz

<b>Historial de la averías:</b>	Dia y Hora de la averías:	23/Oct/09 6:00AM	Tiempo de Paro:	360 minutos
	Dia y Hora de la reparación:	23/Oct/09 12:00PM	Tiempo de Reparación:	360 minutos
	Fecha de la última avería:	23/Oct/09	Frecuencia de averías:	<input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA: 5W + 1H	
QUÉ ¿Qué esta ocurriendo?	El envase cae mal en deslizadera
CUÁNDO ¿Cuándo está ocurriendo?	Cuando las mandíbulas sueltan el envase
DÓNDE ¿Dónde está ocurriendo?	En la deslizadera
QUIÉN ¿Se relaciona con la habilidad del operador?	No
CUÁL ¿Esta presentando una tendencia aleatoria o un patrón?	Cada vez que arranca
CÓMO ¿Cómo ha estado cambiando del estado normal? (Describe el mecanismo de la falla)	Cuando las mandíbulas sueltan el anvaso cae de de lado, provocando que se deslice mal y atore en plegador

PROBLEMA: El envase cae mal en deslizadera cuando las mandíbulas lo sueltan provocando que se deslice mal y atore en plegador

DESCUBRIMIENTO DE LA CAUSA RAIZ: ¿POR QUÉ? - ¿POR QUÉ?		
¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	CONTRAMEDIDA / RESPONSABLE
Se encuentran flojos los tornillos de los yugos y resvaladera.	El pariete no fué el necesario para mantener sujeta la pieza	Inspección de apriete de tornillos en los TPMS

ACCIÓN TOMADA:
Se corrige el apriete de los tornillos para mantener la pieza fija
Se ajusta alineación de mandíbulas
Se ajusta el corte

Revisó Supervisor A Pulido

## Parte posterior del formato “Registro ó Historia de Avería”

	<b>Dirección de Manufactura</b>	Clave: <b>FR-MP-001</b>
		Pagina: 2/2
Fecha de Aprobación <b>07-12-07</b>	Revisión <b>001</b>	Tipo de Documento <b>Aprendamos de las averías</b>

Acción para atacar la causa raíz.	Lección de 1 punto.	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Fecha Compr / Responsable
	Incorporar al STD. De Manto. Autónomo	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Fecha Compr / Responsable
	Incorporar al STD. De Manto. Planeado	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Fecha Compr / Responsable

**DIAGRAMA DE LOCALIZACIÓN DE LA FALLA**

**Estado de la falla; la falla se relaciona con:**

1) ¿La limpieza, inspec, apriete y lubricación eran incorretos?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	¿Por qué?
2) ¿Las condiciones de operación eran incorrectas?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	¿Por qué?
3) ¿Se detectó deterioro ignorado?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	¿Por qué?
4) ¿Existe diseño débil?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	¿Por qué?
5) ¿Se detecta falta de capacitación técnica?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	¿Por qué?

<b>5 CAUSAS BÁSICAS DE LAS AVERIAS</b>	<b>5 CONTRAMEDIDAS BÁSICAS PARA LAS AVERIAS</b>
<b>1 INADECUADO CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS BÁSICOS</b>	
La limpieza, inspección, apriete y lubricación no se están llevando a cabo adecuadamente. Los operadores no realizan el mantenimiento rutinario de manera adecuada o no lo hacen. <i>Desconocimiento de procedimientos de SHE.</i>	Limpeza del equipo. Acciones para prevenir que se aflojen los tornillos y tuercas. Identificar necesidades y lubricar. Elaborar estándares de Mantenimiento Autónomo. <i>Seguir los Procedimientos de SHE.</i>
<b>2 INADECUADO CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS DE USO</b>	
El equipo y la maquinaria posee limitaciones operativas basadas en los criterios de su diseño. A A veces son ignorados. Ejemplo: voltaje, RPM, corriente, velocidad, temperatura, uso <i>Incorrecto de Herramienta y EPP,</i> etc.	Clarificar las capacidades de diseño y operación. Estandarizar la operación de equipos, establecer buen ambiente de trabajo de equipos. <i>Hacer uso correcto de herramienta y EPP.</i>
<b>3 DETERIORO IGNORADO</b>	
La detección y restauración del deterioro natural o forzado no se lleva a cabo. En otras palabras la inspección, revisión y reparaciones preventivas para restaurar el equipo no se realizan. <i>Indiferencia o desconocimiento. Comportamiento Inseguro.</i>	Detección o predicción del deterioro, establecer métodos de reparación, <i>comportarse de forma segura. Observa/Piensa/Actúa.</i>
<b>4 DISEÑO DÉBIL</b>	
Existe una insuficiencia de resistencia debido a un diseño deficiente, una fabricación deficiente o instalación deficiente esto ocasionado por falta de habilidades de ingeniería o por error <i>incorrecta identificación de Condición (es) insegura (s).</i>	Mejora de los puntos débiles de diseño, <i>identificar Condición (es) insegura (s).</i>
<b>5 ERROR HUMANO</b>	
Errores en la reparación por personal de mantenimiento u operadores. Errores en la operación del equipo (Errores en reemplazo de partes, operar sin autorización). <i>incorrecta identificación de Acto(s) inseguro(s).</i>	Análisis de causas por operación inadecuada, mejorar el diseño de paneles de control, Interlocks, operaciones a prueba de error, controles visuales, estándares de operación y ajuste, (s) <i>identificar Acto(s) inseguro(s).</i>

Una vez documentada y analizada la causa de la falla se procedió a modificar el estándar de mantenimiento planeado, al cual se le adicionó la revisión cada 500 horas del apriete de los tornillos que se encontraron flojos. Esta es una contramedida que parece muy obvia, sin embargo; como lo he explicado en párrafos anteriores el descuido de condiciones básicas entre las que se encuentra el apriete, suelen ser hasta más del 70% de las causas de las averías.

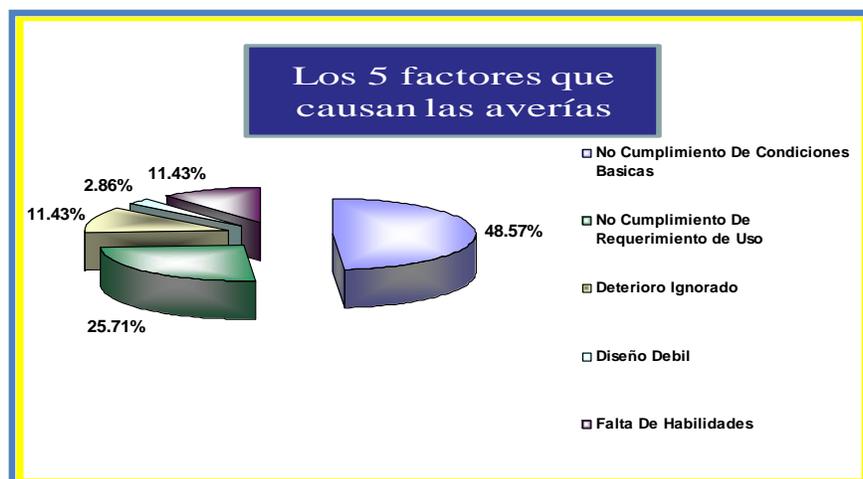
**ACTIVIDADES INCORPORADAS A TPMS**



**TWA**

OP #	Pg.doc c-Group	Descripción	Ciclo mins.	Hecho.
2580 C	5.16-2	<b>Revisar</b> ajuste guía (cuernitos) deslizadera 30 grados	500	5
2590 C	Apren.-Ave 62 LUP 253	<b>Revisar</b> sensor alineado respecto a deslizadera.	500	-
2600 C	5.16-4	<b>Revisar</b> Comprobación de cilindro dispositivo de giro	500	10
2610 C	LUP 254	<b>Revisar</b> apriete después de ajustes	1000	15
2620 C	1-3.	<b>Revisar</b> Boquilla de aire SL	500	30
2630 C	6.2.3-1	<b>Revisar</b> sistema de aire estéril flotador.	500	15
2640 C	6.2.3-2 6.2.4-1	<b>Limpiar</b> <b>sist.de aire estéril</b> Filtros separador, depurador ,intercambiador	500	240
2650 C		<b>Revisar</b> señal de nivel de separador aire estéril.	500	-

La gráfica muestra que de los factores registrados en un periodo de dos años, el 48.75% corresponde a condiciones básicas y 25.71% a requerimientos de uso lo que permite enfocar recursos a estos aspectos. Por otro lado si retomamos la información de anomalías donde el 72% correspondía a condiciones básicas es fácil concluir que hay una fuerte correlación entre averías y anomalías por condiciones básicas.

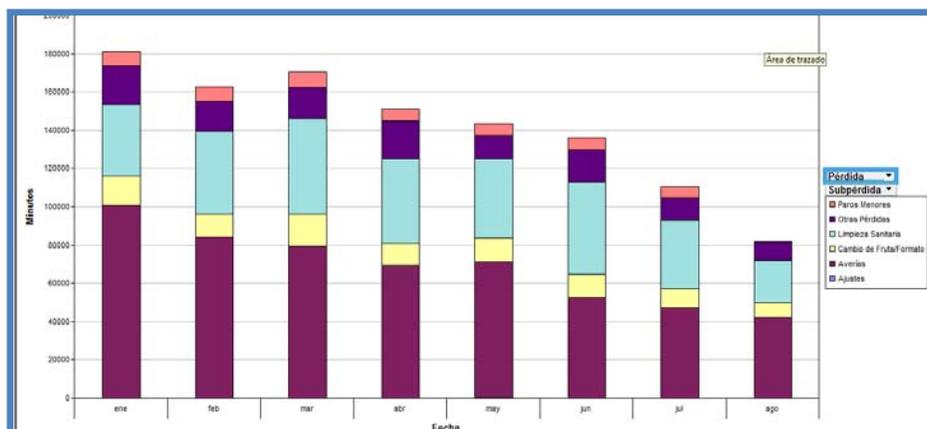


## (2) Revisión sistemática del árbol de pérdidas.

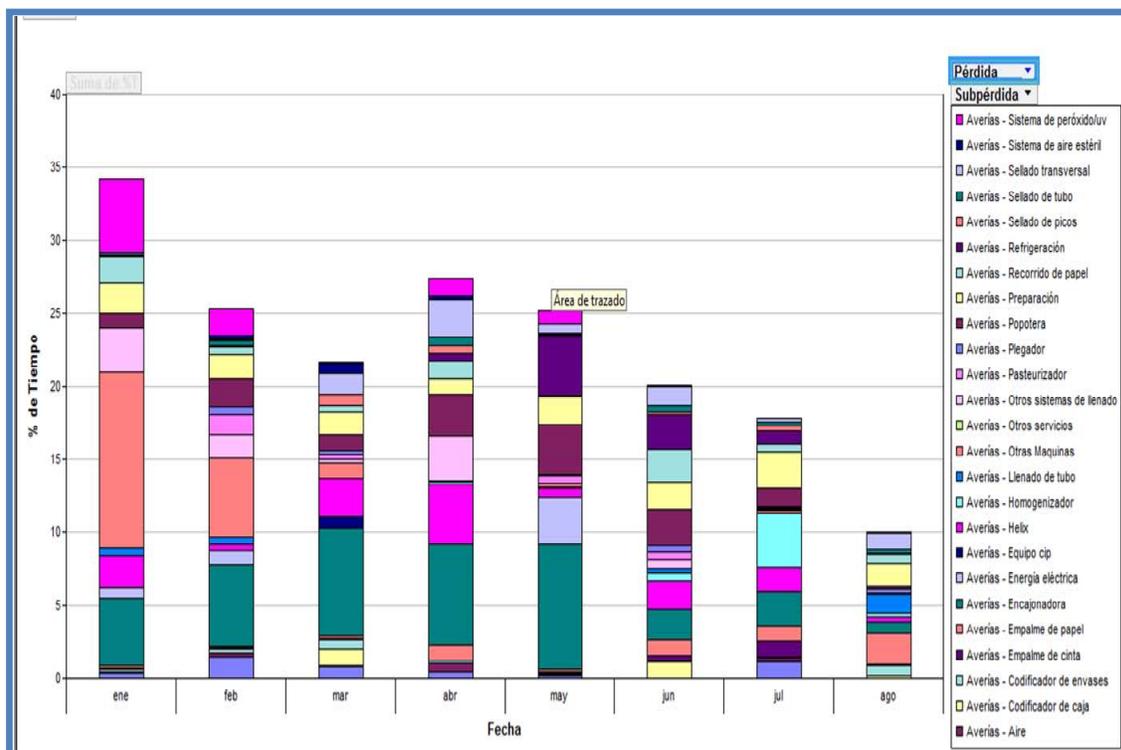
Es un hecho que al documentar las fallas se creó una base de información muy importante no solo para las fallas actuales sino para analizar las tendencias y confirmar que las acciones tomadas tenían el impacto esperado sobre la disminución de las pérdidas y por lo tanto en la mejora de la eficiencia global de la planta (OEE). Es importante aclarar que OEE significa “Eficiencia Global del Equipo” y es el resultado de multiplicar tres índices entre sí, el índice de disponibilidad, el de desempeño y el de calidad. El índice de disponibilidad se refiere a pérdidas que obligan a parar las actividades productivas de una línea, por ejemplo: fallas no previstas, limpiezas, cambios de formato, etc.; el índice de desempeño se refiere a fallas que ocurren sobre la marcha y disminuyen el volumen de producción por ejemplo: paros menores, marcha en vacío, velocidad reducida, etc.; el índice de calidad considera las pérdidas que no permiten lograr la calidad en el producto terminado a la primera y requieren de re trabajo para poder ser productos liberados ó destruidos por ejemplo: mal sellado, mal codificado, etc. En resumen si una línea está programada para producir 10 horas y solo trabaja 8 por fallas el Índice de Disponibilidad es de 80%, si en esas 8 horas debió producir 1000 cajas y solo entrego 950 cajas el Índice de Desempeño es de 95% y si de esas 950 cajas el departamento de calidad bloquea 425 por falta de código el Índice de Calidad es de 50%, entonces si multiplicamos  $0.8 \times 0.95 \times 0.5$  se obtiene que la OEE = 38%. Este es un indicador que hace comparables las plantas y es excelente cuando lo que se busca es ver en un solo indicador el desempeño total de la planta ó línea.

El seguimiento periódico del árbol de perdidas permitió ver las tendencias é identificar en que equipo teníamos más problemas, una vez identificado se realizó un despliegue para identificar los sistemas ó ensambles con problemas, en otras palabras se hace un cascadeo para acotar el problema y poderlo analizar con mayor profundidad, esto ayudó a definir prioridades y enfocar recursos, a continuación presento un ejemplo para mostrar la aplicación en forma práctica.

En la gráfica se observa que la barra inferior la cual corresponde a averías tiene una tendencia consistente a mejorar, sin embargo sigue siendo la principal pérdida de la planta por lo que se debe revisar por línea para determinar cual aporta más fallas.



Una vez identificado que las averías son la principal pérdida de la planta se sigue el análisis desplegando las averías por sistema ó componente. A continuación se muestra el desglose por subsistema.



Esta descomposición nos permitió observar que las averías están disminuyendo en términos generales, sin embargo, en este proceso hay unas que disminuyen y otras que aumentan, en nuestro ejemplo la barra verde que representa las averías de encajonadora las cuales disminuyeron en los últimos tres meses respecto del periodo de enero a mayo, sin embargo la barra color marrón que se mantuvo en niveles bajos desde abril a julio, aumento en agosto. El identificar estas tendencias y definir prioridades fue el principal beneficio de esta actividad. Para consolidar este proceso se garantizó que se realizaran reuniones sistemáticas por parte del personal de mantenimiento planeado con apoyo de autónomo, todo esto con el propósito de revisar el árbol de perdidas y medir el impacto de las mejoras y actividades implementadas, estas reuniones se continúan realizando semanalmente por tecnología y todos los acuerdos se registran en una minuta la cual se publica en los tableros de actividades de cada línea.

En resumen los resultados de esta actividad son los siguientes:

Gente:

Probablemente esta sea una de las actividades que represento un mayor cambio en la forma tradicional de trabajo en el departamento de mantenimiento planeado porque requirió

que todas las fallas se documentaran y se generara información estadística e histórica de las mismas. En nuestro caso se logro documentar más del 90% de las fallas que ocurren en la línea y de estas se determino que el 75% de los factores de falla fueron descuido de condiciones básicas y no cumplimiento de requerimientos de uso. Otro resultado interesante de esta actividad fue que se pudo establecer que grupos de trabajo ó turno tenía más dificultad para identificar causas y factores de las averías. Finalmente este documento se convirtió en el reporte ideal para realizar las entregas de turno y dar continuidad a lo ocurrido en turnos previos.

Equipo:

Disminuyeron significativamente las principales averías lo que impacto en el tiempo disponible de la línea, esto a su vez permitió que el programa de producción se cumpliera antes de lo previsto, y esto facilito el cumplir con el plan de mantenimiento alcanzándose niveles superiores al 98%.

### **3.3 Establecer Plan de Mantenimiento.**

Este proceso fue muy interesante desde la perspectiva de sistematizar las actividades de mantenimiento planeado, tradicionalmente los planes de manteniendo se establecían en función de la experiencia del personal de mantenimiento y en el mejor de los casos se toma en cuenta la información técnica y manuales de los equipos, esto traía como consecuencia un plan de mantenimiento sobre dimensionado desde el punto de vista presupuesto ó incompleto en relación a las actividades. Lo que en realidad se necesitaba era un plan que considerara tanto Actividades Basadas en el Tiempo como Actividades Basadas en Condiciones, para esto se definieron prioridades en base a un análisis de criticidad. También fue muy relevante tomar en cuenta todos los análisis de averías realizados a la fecha de tal manera que cuando se identificaba que los principales factores que causaban las fallas eran los relacionados a Condiciones Básicas se reforzaba el apoyo al departamento de producción para que aplicará correctamente sus actividades de mantenimiento autónomo y así evitamos considerar este tipo de fallas en el proceso de preparación del plan de manteniendo, esto fue relevante por el hecho de que las condiciones básicas previenen del deterioro forzado y un equipo que no cumpla estas condiciones difícilmente tiene vida útil estable en ninguno de sus componentes y si esto ocurre no se puede establecer un esquema de mantenimiento basado en tiempo.

Como lo explique el primer paso fue realizar un análisis de criticidad y para esto se consideraron diferentes factores entre los que destacan la productividad, la calidad, la seguridad, la vida del equipo, el impacto en costo de mantenimiento, etc. Estos factores pueden variar de caso en caso sin embargo el propósito es el mismo: diferenciar que equipos tienen más impacto en la operación en caso de presentar una falla.

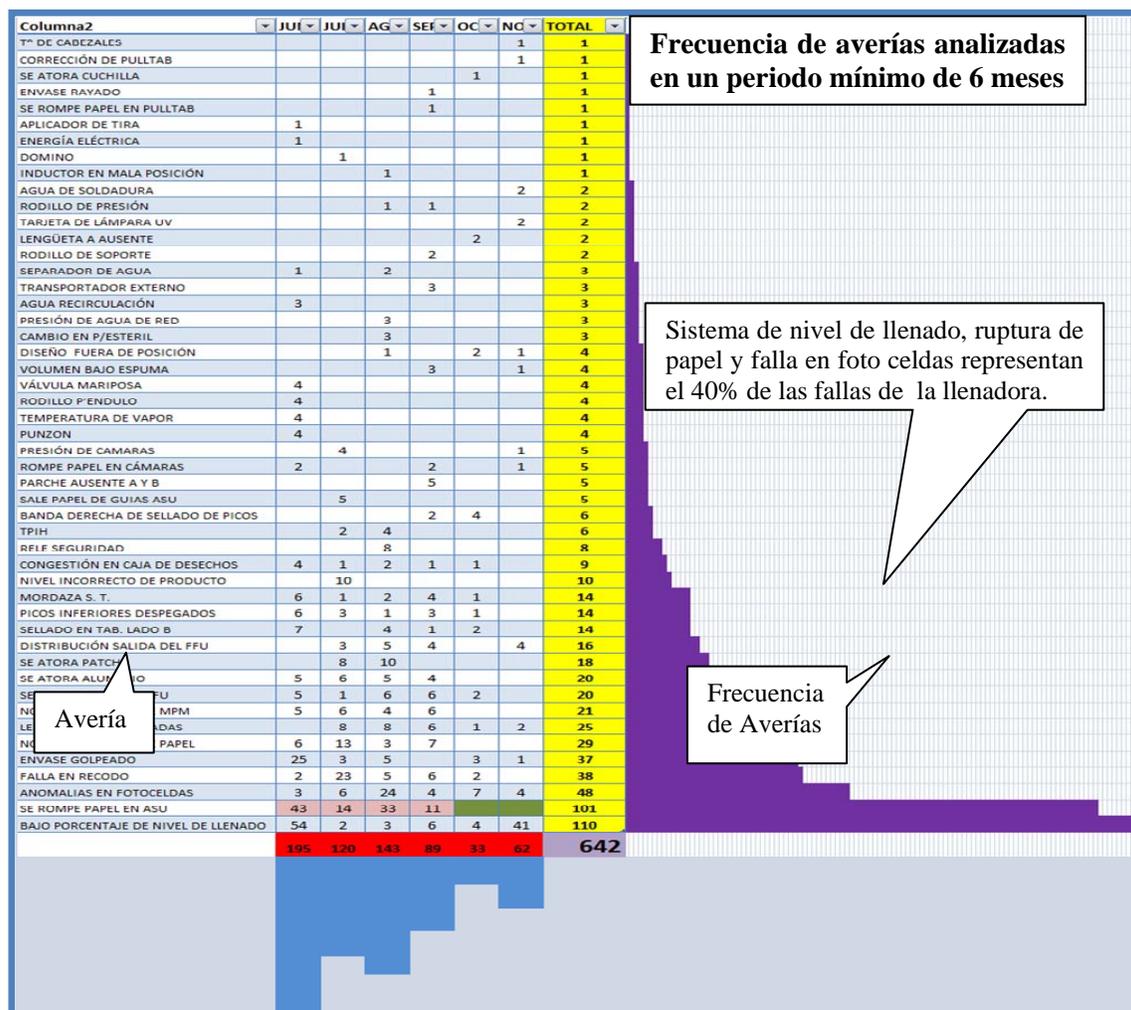
A continuación se muestra el análisis de criticidad realizado a nivel de planta, en esta gráfica se observa que la subestación eléctrica y las calderas son equipos criticidad doble A, en contra parte el área de mini en donde se cuenta la línea TBA 22 resultado criticidad B.

<b>Análisis de criticidad</b>													
Planta: ASEPTICA			Evaluación de criticidad de: PLANTA ASEPTICA						Fecha:				
Criterio de evaluacion	Contenido	Puntaje	Área, Equipos o Sistema										
			Subestacion	Agua de red	Calderas	Compresores	Agua helada	Mini	Wedge	Litro	Medio litro	Proceso	
<b>Productividad</b>	La planta entera se para si el equipo falla	5											
	La planta entera producira menos si el equipo falla	3	5	5	5	5	4	3	3	3	4		
	La produccion no es afectada aunque falle	1											
<b>Calidad</b>	La calidad es altamente afectada si el equipo tiene problemas	5											
	La calidad es afectada cuando hay problemas en el equipo	3	5	3	5	2	5	5	5	5	5		
	La calidad no se altera aun cuando hay problemas en el equipo	1											
<b>Costo</b>	Se incurre en altos gastos de reparacion cuando falla inesperadamente	5											
	Los gastos de reparacion son moderados si falla	3	5	3	5	5	5	4	4	4	4		
	No hay gastos de reparacion	1											
<b>Entrega</b>	Una falla en el equipo puede resultar en muerte,lesion grave,incendios,etc.	5											
	La falla del equipo puede causar un accidente	3	5	1	5	1	4	3	2	3	2		
	No existe posibilidad de peligro ni problemas secundarios	1											
<b>Seguridad y Ambiente</b>	Mas de 20 años	5											
	Mas de 10 años y menos de 20 años	3	5	3	5	1	1	1	1	1	2		
	Menos de 10 años	1											
Equipo muy critico AA (3125 a 1501)		Multiplica todos los criterios y anota aquí el resultado		3125	135	3125	50	400	180	120	180	120	480
Equipo critico A (1500 a 501)													
Equipo clase B (500 a 201)		Anota aquí la criticidad		AA	C	AA	C	B	B	C	C	C	B
Equipo clase C (200 a 1)													

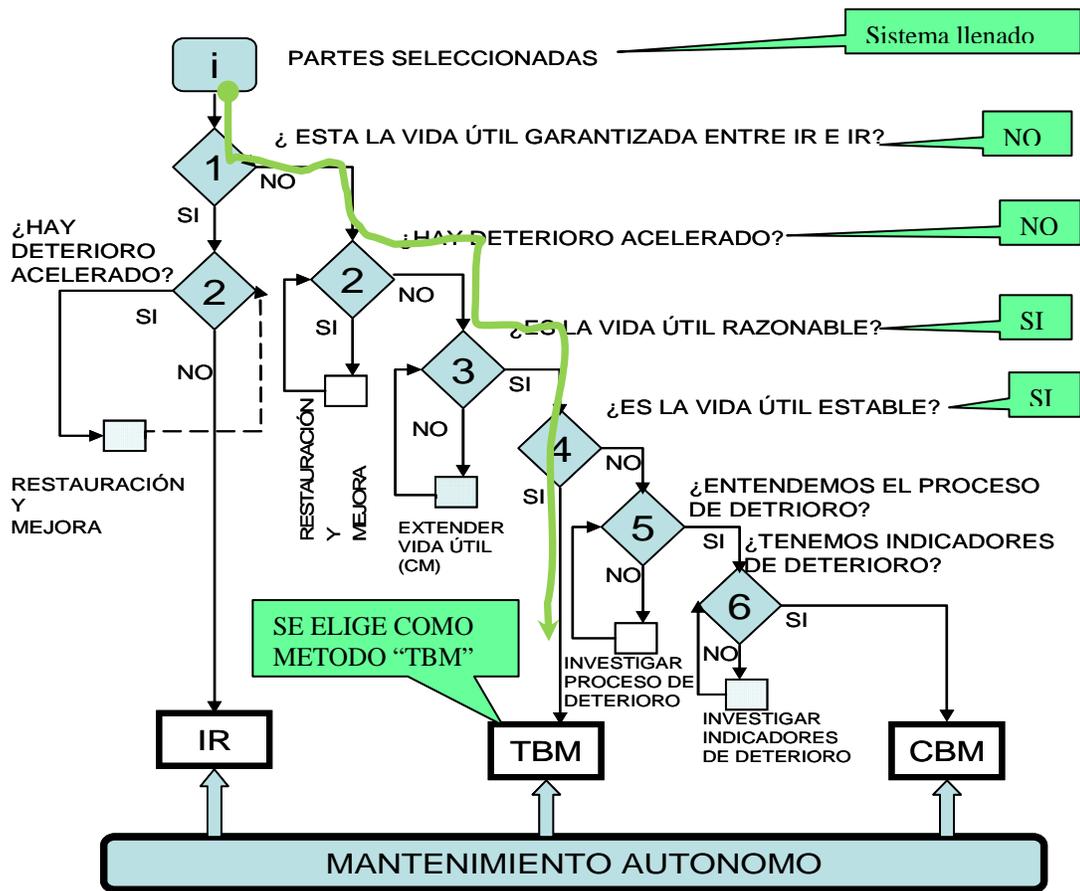
Una vez realizado el análisis a nivel de planta se realizo el análisis a nivel de línea, para el caso la TBA 22 se compone de la llenadora, un acumulador (Hélix), una popotera (TSA) y una encajonadora (A+F).

22-3/mini			Área, Equipos o Sistema				
Criterio de evaluacion	Contenido	Puntaje	Llenadora	Helix	TSA	A+F	
<b>Productividad</b>	El área entera se para si la linea falla	5					
	El área entera producira menos si el equipo falla	3	3	3	3	3	
	La produccion no es afectada aunque falle	1					
<b>Calidad</b>	La calidad es altamente afectada si la línea tiene problemas	5					
	La calidad es afectada cuando hay problemas en el equipo	3	5	1	2	1	
	La calidad no se altera aun cuando hay problemas en el equipo	1					
<b>Costo</b>	Se incurre en altos gastos de reparacion cuando falla inesperadamente	5					
	Los gastos de reparacion son moderados si falla	3	5	3	3	3	
	No hay gastos de reparacion	1					
<b>Seguridad</b>	Una falla en el equipo puede resultar en muerte,lesion grave,incendios,etc.	5					
	La falla del equipo puede causar un accidente	3	3	2	2	3	
	No existe posibilidad de peligro ni problemas secundarios	1					
<b>Antigüedad del equipo</b>	Mas de 20 años	5					
	Mas de 10 años y menos de 20 años	3	1	1	1	3	
	Menos de 10 años	1					
Equipo muy critico AA (3125 a 501)		Multiplica todos los criterios y anota aquí el resultado		225	18	36	81
Equipo critico A (500 a 101)							
Equipo clase b (100 a 51)		Anota aquí la criticidad		A	C	C	B
Equipo clase c (50 a 1)							

Esto nos permitió establecer que la llenadora era el equipo más crítico de la línea lo que continuó fue definir de la llenadora cual eran las partes ó sistemas que mas fallaban, esto se realizó revisando la frecuencia de averías por sistema y componente, también se validó contra tarjetas rojas generadas e historias de avería realizadas, a continuación se muestra la información de la llenadora.



La grafica anterior permitió definir prioridades y enfocarnos en determinadas partes ó sistemas (los que más fallaban), para el ejemplo se tomó el subsistema de llenado como prioritario para establecer un estándar de mantenimiento planeado, una vez definido el subsistema se le aplico el siguiente modelo de decisión para definir el método de mantenimiento a utilizar, aplicar este modelo nos permitió revisar que se implementaron adecuadamente las diferentes actividades de mantenimiento.



En este caso el método elegido es el de Mantenimiento Basado en Tiempo por lo que se decidió elaborar el procedimiento ó estándar de mantenimiento correspondiente, para esto se consideraron las siguientes preguntas, las cuales facilitaron la preparación del documento, ¿qué?, ¿quién?, ¿cuándo?, ¿cómo?, ¿dónde?, ¿cuál?, **qué:** se refiere a la actividad se va a realizar, **quién:** corresponde al encargado de realizarla, **cuándo:** hace referencia a tiempo ó (frecuencia), **cómo:** se realiza se refiere al procedimiento (método), **cuál:** es el criterio a utilizar en caso de anormalidad y **dónde:** es el lugar del ensamble ó componente. La mayoría de las partes ó subsistema quedo en un sistema de mantenimiento basado en el tiempo (MBT), sin embargo si la parte es crítica MBT es lo mínimo que debe tener e idealmente se le debe establecer un esquema de mantenimiento basado en condiciones (CBM), para fines de este trabajo a continuación se ejemplifica un estándar de mantenimiento planeado para una parte que requiere actividades basadas en el tiempo.

**Planta Aséptica**  
**Mantenimiento planeado**  
**Estandar de Mantenimiento**

TITULO	Cambio de banda de sellado de picos lateral izquierda o derecha 22-3		
Línea	Máquina	Subsistema	
Frecuencia	Tiempo de Ejecución	Responsable	
Herramientas necesarias:	Llave española 10 y 17 mm, Tornillo de banco, Fibra verde		

ID	Actividad	Herramienta	No. parte	Parámetro	Gráfico	Ref.
1	Retira la base de la banda, con una llave 17mm quita los tres tornillos exagonales.	Llave 17 mm española		Si la banda presenta desgaste en la parte inferior, puedes utilizar la misma tan solo volteandola y seguir el mismo estandar, si presenta desgaste de ambos lados se debe cambiar.		
2	Una vez retirada la base de la banda, colocala en un tornillo para facilitar quitar la banda.	Tornillo de banco		De la base a la banda debe haber una distancia de 5mm +- 3mm, si es asi cambiar la guia de la banda superior		
3	Retira la guia de la banda aflojando los dos tornillos exagonales con una llave 10 mm	Llave española 10 mm				
4	Retira la guia de la banda.					
5	Quita la banda girandola con las dos manos y presionando hacia arriba					
6	Una ves retirada la banda inspecciona los rodillos.			Verificar que no exista cascabeleo en los rodamientos de los rodillos, así como desgaste si es asi cambiar rodillos y rodamientos		
7	Limpia he inspecciona los rodillos	Fibra Verde				
8	Antes de colocar la banda nueva en los rodillos coloca un poco de grasa uniformemente en la base interna para facilitar la colocacion de esta.					

Una vez elaborados los procedimientos de mantenimiento planeado se implementaron sobre la base de un calendario anual, el cual integro todos los estándares de mantenimiento y facilito de manera significativa el cumplir con las actividades planeadas, presupuestar de manera confiable, organizar prioridades y recursos, etc.

NUMERO DE SEMANA		SEM 01	SEM 02	SEM 03	SEM 04	SEM 05	SEM 06	SEM 07	SEM 08	SEM 09	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	
PERIODO DE SEMANA		21/06-27/06	28/06-04/07	05/07-11/07	12/07-18/07	19/07-25/07	26/07-01/08	02/08-08/08	09/08-15/08	16/08-22/08	23/08-29/08	30/08-05/09	06/09-12/09	13/09-19/09	20/09-26/09	
<b>PLANTA ASEPTICA</b>	<b>TBA-22</b> Linea 02	HORIMETRO		7,224	7,326		7,376	7,513	7,593	7,674	7,778	7,874	7,968	8,041	8,041	8,106
	TBA-22			MTTO DE 7,500 HRS.	7,500 HRS.					MTTO DE 8,000 HRS.	8,000 HRS.			MTTO DE 8,500 HRS.	8,500 HRS.	
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
	TBA-22			7,500 HRS.						8,000 HRS.				8,500 HRS.		
<b>TBA-22</b> Linea 03	HORIMETRO		4,271	4,288	4,385			4,639	4,756	4,832			4,912	4,928	4,928	5,006
TBA-22			MTTO DE 4,500 HRS.	4,500 HRS.		4,444	4,553	MTTO DE 5,000 HRS.	5,000 HRS.	4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	MTTO DE 5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
TBA-22			4,500 HRS.					5,000 HRS.		4,756	4,832		4,912	4,928	4,928	5,500 HRS.
<b>NDS</b> Linea 01	HORIMETRO		1,836	1,856	2,014	2,092	2,000 HRS.	2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			MTTO DE 2,000 HRS.	2,000 HRS.	2,014	2,092	2,000 HRS.	2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,290	2,327	2,433	2,500 HRS.	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
<b>NDS</b> Linea 02	HORIMETRO		1,852	1,852	1,904	2,099	2,000 HRS.	2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			MTTO DE 2,000 HRS.	2,000 HRS.	1,904	2,099	2,000 HRS.	2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
NDS			2,000 HRS.					2,257	2,336	2,437	2,519	2,605	2,706	2,801	2,913	3,031
<b>A3 SPEED</b> Linea 01	HORIMETRO		2,287	2,325	2,417	2,639	2,713	2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
A3 SPEED			MTTO DE 2,500 HRS.	2,500 HRS.	2,417	2,639	2,713	2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
A3 SPEED			2,500 HRS.					2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
A3 SPEED			2,500 HRS.					2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
A3 SPEED			2,500 HRS.					2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
A3 SPEED			2,500 HRS.					2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
A3 SPEED			2,500 HRS.					2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
A3 SPEED			2,500 HRS.					2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
A3 SPEED			2,500 HRS.					2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
A3 SPEED			2,500 HRS.					2,806	2,899	3,062	3,135	3,206	3,282	3,344	3,444	3,544
<b>A3 SPEED</b> Linea 02	HORIMETRO		797	850	946	980	1,175	1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
A3 SPEED			MTTO DE 1,000 HRS.	1,000 HRS.	946	980	1,175	1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
A3 SPEED			1,000 HRS.					1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
A3 SPEED			1,000 HRS.					1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
A3 SPEED			1,000 HRS.					1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
A3 SPEED			1,000 HRS.					1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
A3 SPEED			1,000 HRS.					1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
A3 SPEED			1,000 HRS.					1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
A3 SPEED			1,000 HRS.					1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
A3 SPEED			1,000 HRS.					1,254	1,331	1,415	1,489	1,553	1,599	1,676	1,686	
<b>TWA-19</b> Linea 01	HORIMETRO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TWA-19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TWA-19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TWA-19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TWA-19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TWA-19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TWA-19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TWA-19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TWA-19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TWA-19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>TWA-19</b> Linea 02	HORIMETRO		19,948	20,027	20,169	20,255	20,483	20,559	20,785	20,903	21,002	21,070	21,135	21,260	21,393	
TWA-19			MTTO DE 20,000 HRS.	20,027	20,169	20,255	20,483	20,559	20,785	20,903	21,002	21,070	21,135	21,260	21,393	
TWA-19																

### 3.4 Desarrollo del Sistema de Información para la Gestión de Mantenimiento.

Una vez que se adquirió el hábito de registrar y analizar la información relacionada a Mantenimiento, que se estableció un calendario de mantenimiento con sus respectivos estándares, se volvió muy crítico contar con un sistema de gestión de la información, el objetivo principal fue facilitar el manejo de la información en cuatro aspectos principales: 1. División del trabajo (Ordenes de Mantenimiento por grupo ó por técnico), 2. Monitoreo de los gastos de mantenimiento vs presupuesto, 3. Registro de condiciones en partes para seguimiento (parámetros directos ó indirectos), y 4. Determinación de vida útil. El sistema se diseño para ser compatible con el sistema con el que se administraba el inventario de refacciones, el sistema es SAP (Sistemas Aplicaciones y Procesos) y es un software con el que se administra el negocio de tal manera que cubre desde la generación de la orden de producción hasta la facturación. Afortunadamente mi planta ya contaba con este sistema y con el modulo de mantenimiento correspondiente, esto ha facilitado enormemente el establecer un sistema de gestión. Para este fin se decidió a nivel grupo correr un programa piloto en la línea 22-3, la idea fue aprender y retomar el uso del modulo de mantenimiento de SAP en una línea con una buena base de mantenimiento planeado esto esta resumido en el ciclo de gestión siguiente.

## Ciclo Gestión de Mantenimiento



La forma en que este ciclo se utiliza es el siguiente: 1. Se genera un **aviso** de necesidad de mantenimiento, y esta puede venir del calendario de mantenimiento basado en el tiempo, de

una rutina de inspección ó de una falla, etc. 2. Una vez emitido el aviso se **planea** la actividad, esto implica abrir una orden y verificar que se cuenten con los recursos para su realización. 3. Ya confirmado que se cuenta con los recursos se **programa** la orden ya liberada a nivel de supervisor quien a la vez la asigna por técnico de mantenimiento. 4. Ya programada se **ejecuta** la actividad y se registra por parte del técnico los materiales utilizados ya sean programados ó no programados. 5. Finalmente se **notifica** lo cual básicamente se refiere al cierre de la orden y la evaluación de la misma. Este ciclo ha permitido garantizar que se cuenta con historial de consumos, frecuencia de fallas, cumplimiento de actividades, etc.

A la fecha se han revisado Objetos Técnicos, Puestos de Trabajo, Centros de Costo, Catálogos de falla y se ha rediseñado la orden de trabajo, el siguiente paso es re entrenar a todo el personal de mantenimiento para desplegar a nivel planta estas actividades y consolidar el uso de la orden como la herramienta base de gestión de la información del sistema de mantenimiento, mientras tanto la información se registra en formatos en Excel, en una base de datos en Access y en los tableros de actividad de cada línea.

En resumen los resultados de esta actividad son:

Gente:

Se desarrollo una cultura de gestión a través del uso e interpretación de la información, entre otras cosas se desarrollo información sobre históricos de consumo por línea, equipo ó componente, tendencias de vida útil, control de presupuesto, actualización de bases de datos, árbol de pérdidas de fallas, listado de lubricantes autorizados, listado de proveedores autorizados, etc.

Equipo:

Se implemento un sistema automático de monitoreo de parámetros de operación el cual se utilizo para correlacionar fallas con parámetros específicos de operación por ejemplo: se pudo asociar ángulos de fase en un sistema de sellado por inducción con el desgaste de la barra inductora de sellado.

### **3.5 Gestión de las refacciones**

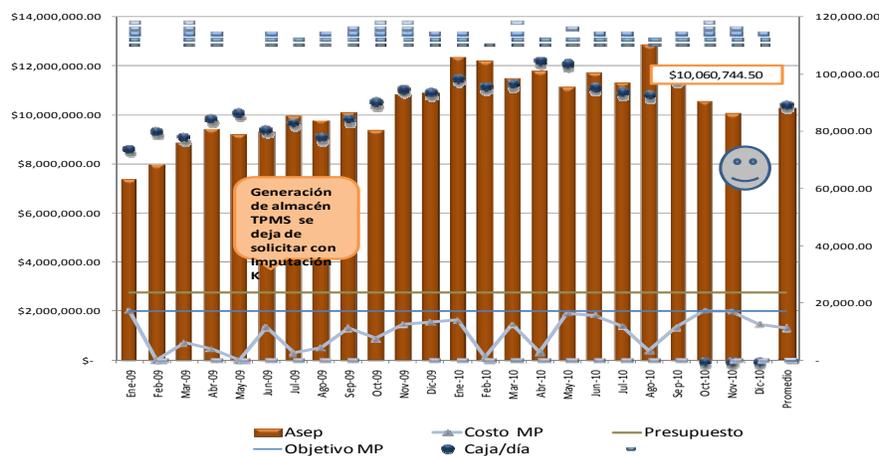
Se decidió iniciar la gestión de repuestos hasta que la línea alcanzara al menos el paso 3 de Mantenimiento Autónomo y que por parte de Mantenimiento Planeado se hubiera establecido un calendario de Mantenimiento Basado en el Tiempo, de otra manera se corría el riesgo de no contar con los repuestos correctos en el almacén, lo que quiero resaltar con este comentario es que no era factible gestionar apropiadamente el almacén de repuestos

mientras en la planta existiera deterioro acelerado. Entonces una vez que logramos un nivel aceptable de implementación de las actividades se dio inicio a las actividades en el almacén.

Al momento de iniciar se establecieron dos objetivos centrales para el almacén, lograr disminuir en tres millones de pesos el valor del almacén y alcanzar un nivel de servicio superior al 90%. En cuanto al valor el almacén superaba 13 millones de pesos y sin embargo el nivel de servicio nunca era mayor a 50%, entonces la pregunta era ¿cómo puede tener un valor tan alto el inventario y dar un mal servicio?, la respuesta era simple: no existía un proceso de mantenimiento para restaurar y eliminar el deterioro forzado y mientras esto no ocurriera cualquier repuesto que se pidiera no tenía la certidumbre de consumirse en un futuro.

Lo que se hizo para corregir la situación y lograr los objetivos se centró en cuatro acciones: 1. Se reorganizó la estructura del Almacén de refacciones. 2. Se implementó un programa orden y limpieza (5 eses), 3. Se dio la indicación de solo solicitar refacciones a través del almacén, este último punto ha tenido un impacto muy significativo porque asegura que el almacén tenga visibilidad de lo que se pide y esto crea la historia de consumo y finalmente 4. Se reactivó el uso de MRP (plan de reposición de materiales), lo cual garantizó que los materiales que han presentado consumo en el último año y a los cuales se les revisó máximo, mínimo y punto de re orden, sean solicitados en forma automática vía MRP, esto simplificó enormemente el proceso de compra de repuestos los cuales típicamente se cuentan por miles. Por último se implementó un sistema de inventarios cíclicos para garantizar el correcto funcionamiento del almacén al revisar existencias, máximos, mínimos, puntos de re orden, método de control, etc.

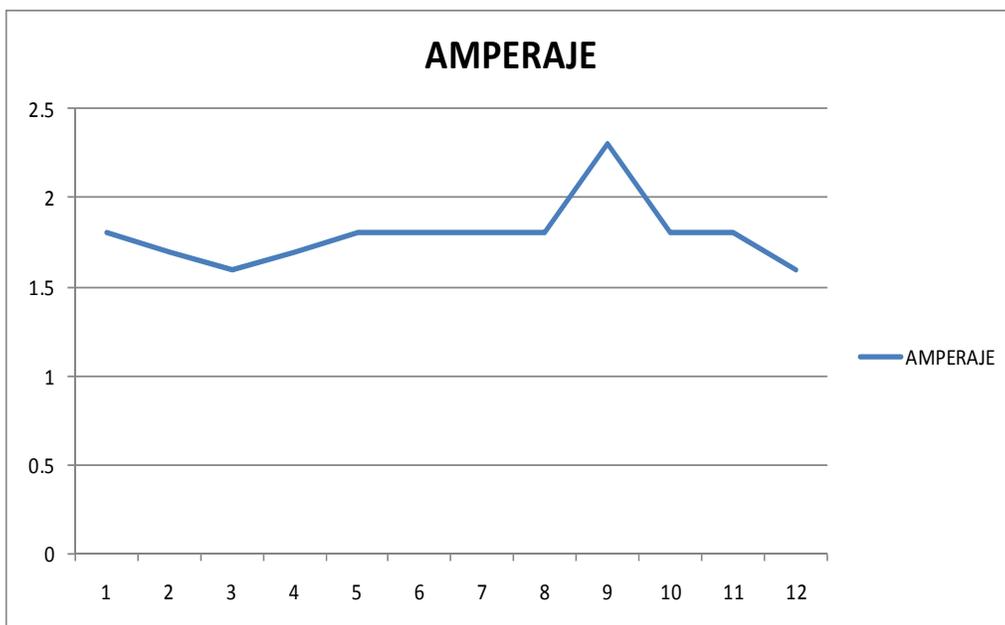
El resultado de esta actividad se vio reflejado principalmente en dos indicadores que son: nivel de servicio del almacén y valor del inventario de refacciones, en ambos casos se logró una mejora significativa alcanzando en el caso de servicio 86% respecto de 43% del punto de partida y respecto al valor del almacén disminuyó a 10 millones respecto de 13 millones antes de iniciar con el proyecto



### 3.6 Desarrollo del sistema de mantenimiento predictivo

El proceso de implementación de TPM ha permitido identificar áreas de oportunidad para la aplicación de Mantenimiento Basado en Condiciones (Mantenimiento Predictivo), sin embargo, a la fecha se ha dado prioridad a consolidar un sistema de mantenimiento basado en el tiempo por lo que la capacitación en métodos de diagnóstico comercial (vibraciones, termo grafía, etc.) está programada para principios del próximo año, la razón nuevamente está ligada a garantizar la correcta aplicación de los estándares de Mantenimiento Autónomo (LILA) y los de Mantenimiento Planeado, de tal manera que en el momento que inicie la implementación de Mantenimiento Predictivo este se enfoque a partes caras con vida útil estable y/o partes críticas con vida útil inestable.

Como un avance de este concepto se muestra un gráfica con la que se está monitoreando consumo de amperaje del motor principal de la llenadora cada 10 horas, lo que se busca es asociar este parámetro con la correcta lubricación del sistema de mandíbulas. En la gráfica se observa un pico el cual representa un evento en el que se obstruyo un ducto de lubricación y por lo tanto al faltar lubricación se incremento el consumo de amperaje del motor principal, como se puede deducir este tipo de mantenimiento tiene un alto potencial por que nos va a permitir monitorear sistemas ó componentes críticos ó caros a través de parámetros indirectos con el fin de tomar la decisión oportuna para intervenir el equipo.



### **3.7 Lubricación.**

He mencionado repetidamente la importancia que se le dio al cuidado de las condiciones básicas y he aclarado que la lubricación es una de ellas y desde mi punto de vista la mas importante, por otro lado comenté sobre la importancia de la correcta aplicación del estándar de mantenimiento autónomo (LILA), lo cual se traduce como Limpieza, Inspección, Lubricación y Apriete. Sobre esto la palabra clave fue lubricación y específicamente en el cómo mantenimiento planeado incide para establecer el tipo, las cantidades, el almacenamiento, etc.

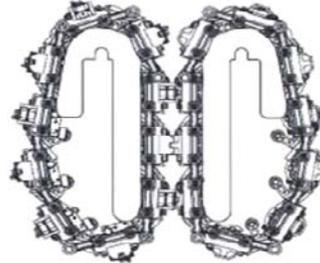
El punto entonces fue implementar un proceso para que el personal de mantenimiento planeado se encargara de definir y establecer algunos aspectos fundamentales para el correcto funcionamiento del sistema desde el punto de vista lubricación, estos aspectos fueron: 1.- Desarrollar la lista de lubricantes autorizados y su aplicación, 2.- La validación de los tipos de lubricantes y cantidades utilizados en los estándares LILA, 3.- Establecer el correcto almacenamiento y disposición de residuos, 4.- Garantizar que se contaba con hojas de seguridad y hojas técnicas de cada lubricante, etc. La idea fue contar con el menor número posible de lubricantes y que su aplicación estuviera validada por parte del departamento de Mantenimiento Planeado. Para lograr esto se requirió capacitar al personal de mantenimiento en Lubricación e impulsarlos para que a través de estos conocimientos verificaran que los lubricantes y cantidades utilizados eran correctas. Esto se realizo a pesar de que en la mayoría de los casos la lubricación viene recomendada por el fabricante, todo esto fue de vital importancia sabiendo que el principal propósito de la lubricación es minimizar el desgaste y que aun cuando el lubricante estuviera debidamente seleccionado pudieran existir errores en cuanto a cantidad y/o frecuencia de aplicación.

A continuación se ejemplifica la revisión realizada al sistema de mordazas, el cual corresponde al sistema más caro de la llenadora y que es lubricado con un sistema centralizado.

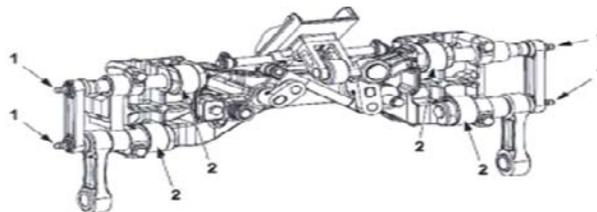
Por parte del fabricante se pre estableció el uso de un lubricante sintético marca Kluber con una viscosidad de 160 Cst del aceite base, consistencia 00 (bombeable) y como espesante complejo de aluminio y con una frecuencia de lubricación de cada 40 horas.

La siguiente información fue extraída del manual de la llenadora, la cual hasta el momento solo se encuentra disponible en idioma ingles.

**Lub Point:** Jaw Systems  
**Lub method:** manual, lub-system(BEKA)  
**Machine:** TBA/22 and TBA A3



10 jaws x 2 ring, each jaws has 4 grease nipples



1 grease nipples; 2, roller

Apply grease until it comes out from the rollers

### Typical characteristics

Lubricant	Base Oil	Thickener	Base oil viscosity @ 40 cST	NLGI
Kluber	PAO	Aluminum complex	160	00
A	Mineral	Aluminum complex	70	0
B	Mineral		?	00
C	White oil PAO	Aluminum complex	?	000

Con el propósito de hacer la validación Mantenimiento Planeado tomó de inicio la parte indicada como “roller” marcado con el no. 2, el cual corresponde a un rodamiento de bolas, este componente presento en revisiones previas un mayor desgaste al esperado, a continuación se describe el análisis realizado:

Se tiene un mecanismo en el cual se encuentran rodamientos (Roller # 2) tipo PWTR 2RS RV de la marca INA, los cuales trabajan a 300 rpm. y 50 °C

Determinar:

- a) Tipo de lubricante
- b) Viscosidad inicial
- c) Viscosidad del aceite base
- d) Cantidad de lubricante
- e) Periodo de lubricación

### 3.7.1 DATOS

**n= 300 rpm    T= 50 °C    Rodamiento PWTR 2RS RV INA**

### 3.7.2 TIPO DE LUBRICANTE (TL)

Rodamiento PWTR 2RS RV INA Datos: d= **15** mm D= **35**mm B= **19** mm

**Determinar diámetro medio (dm ), D = ø exterior    d = ø interior**

$$dm = \frac{D+d}{2} \quad : \quad dm = \frac{35+15}{2} \quad : \quad dm = 25 \text{ mm}$$

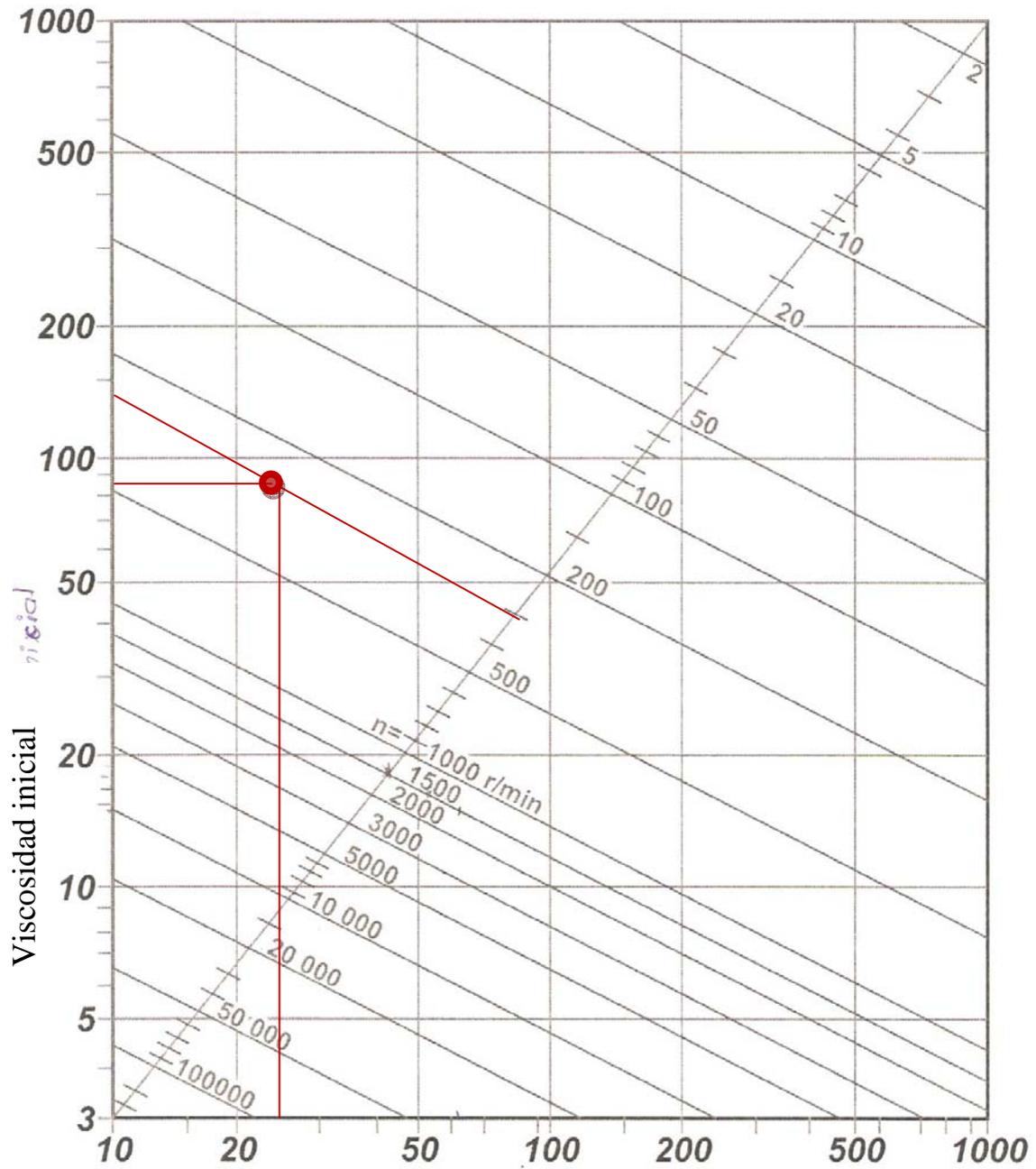
**Tipo de lubricante. (TL)**

**$T_L = n (dm) \quad T_L = (300) (25) \quad T_L = 7500$  NOTA: SI  $T_L$  ES MENOR A 500 000 SE USA GRASA, SI  $T_L$  ES MAYOR A 500 000 SE USA ACEITE.**

**COMO 7500 ES MENOR DE 500 000 SE USA GRASA.**

### 3.7.3 VISCOCIDAD INICIAL

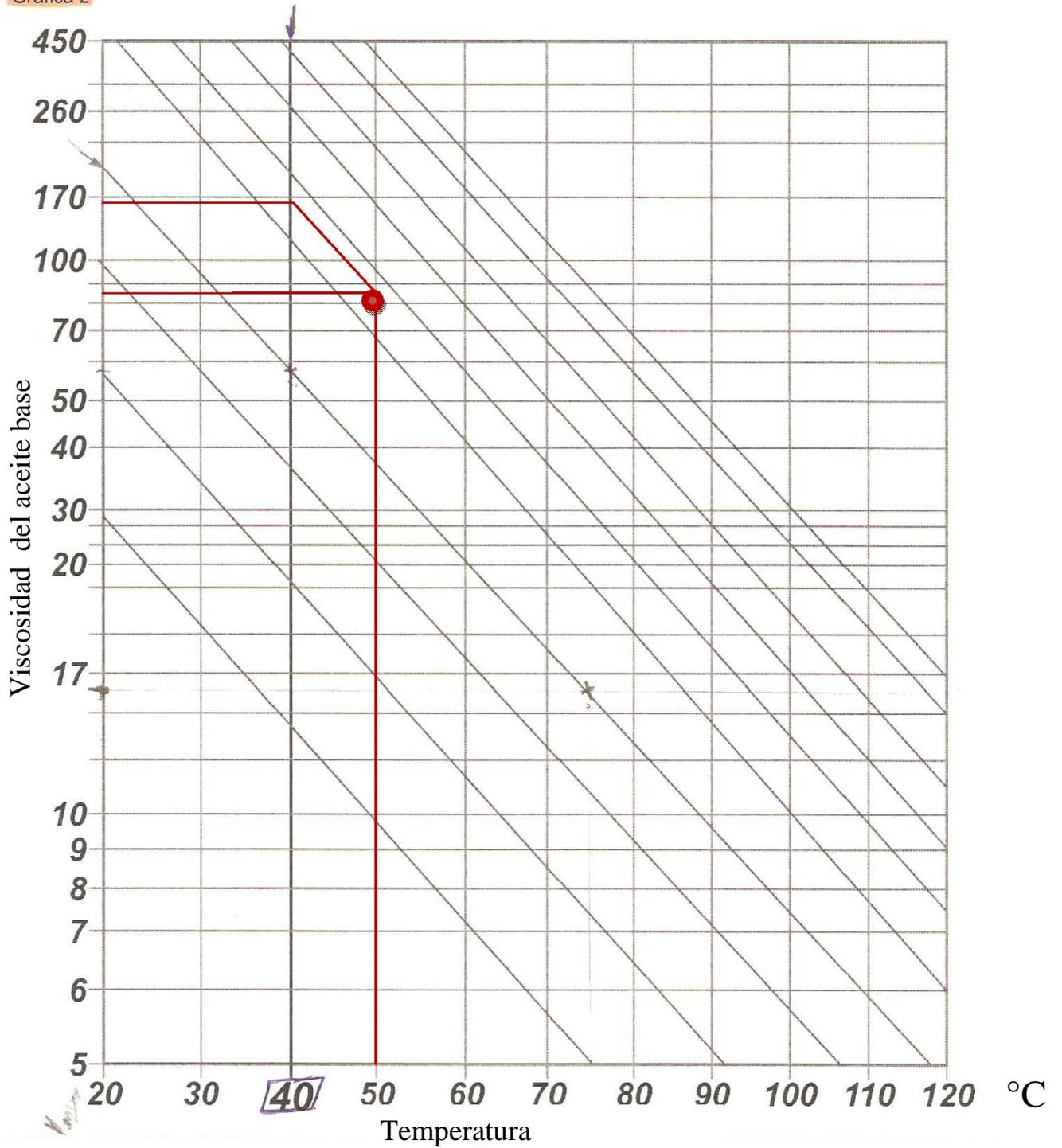
Grafica 1



Viscosidad inicial es de **85** cts.      dm (diámetro medio)

### 3.7.4 LA VISCOSIDAD DEL ACEITE BASE (@40°C)

Grafica 2



LA VISCOSIDAD DEL ACEITE BASE ES DE **160** cts.

### 3.7.5 SELECCIÓN DEL LUBRICANTE.

Considerando que el resultado de la selección del aceite base fue de 160 Cst y que en la tabla el valor más aproximado es 190 Cst, se eligió la grasa GRA-EP2, como referencia.

TABLA DE SELECCIÓN

Condiciones de trabajo del rodamiento	Alta temperatura superior a 120 Grados centígrados	Baja temperatura	Muy alta velocidad	Muy baja velocidad o movimientos oscilantes	Requerimientos de bajo par de fricción	Vibraciones severas	Carga pesada	Propiedades de inhibición a la corrosión	Resistencia al agua	Descripción	Rango de temperatura de trabajo en grados centígrados	Espesante/Aceite base	Viscosidad del aceite base a 40 grados centígrados cst	Ejemplos de aplicación
GRASAS DE FABRICACIÓN NACIONAL														
GRA-TM2			o		▲		o	o	o	Usos múltiples industriales	-30 +120	Jabón de litio/aceite mineral	91	Equipos agrícolas, transportadores y motores pequeños
GRA-TM3			o		o		o	o	o	Usos múltiples industriales	-20 +120	Jabón de litio/aceite mineral	120	Equipos agrícolas, motores eléctricos medianos, ventiladores con temperatura normal
GRA-EP2			o	o		▲	▲	▲	▲	Extrema presión	-30 +120	Jabón de litio/aceite mineral	190	Máquinas en la industria papelería, quebreadora de mandíbulas
GRA-EM2			▼	▲	▼	▲	▲	o	o	Alta viscosidad/lubricantes sólidos	-20 +120	Jabón de litio/aceite mineral	500	Rótulas, máquinas en la industria de la construcción, poleas en gruas
GRA-BT2		▲	▲	▼	▲		▼	o	▲	Baja temperatura	-55 +150	Jabón de litio/aceite di esteril	16	Husillos en maquinaria textil, máquinas herramientas, motores eléctricos de alta velocidad
GRA-AT3	▲		o		o	o	o	o	o	Alta temperatura	-20 +150	Jabón complejo de litio/aceite mineral	110	Motores eléctricos, ventiladores con altas temperaturas
GRAEA3			o		o	o	o	o	o	Aplicaciones automotrices	-30 +120	Jabón complejo de litio/aceite mineral	120	Ruedas automotrices
GRASAS IMPORTADAS														
LGWA2	▲		o		o	▲	▲	▲	▲	Amplia gama de temperaturas	-30 +140	Jabón complejo de litio/aceite mineral	185	Motores eléctricos, ventiladores, lavadoras
LGH2	▲		o	▲		o	▲	▲	▲	Extrema presión, alta viscosidad y alta temperatura	-20 +150	Jabón complejo de calcio/aceite mineral	450	Cribas vibratorias, rodillos en colada continua, máquinas papeleras
LGEV2			▼	▲	▼	▲	▲	▲	▲	Alta viscosidad con lubricantes sólidos	-10 +120	Jabón litio calcio/aceite mineral	1020	Trituradoras coronas giratorias, molinos de rodillos
LGLC2		▲	▲	▼	▲		o	▲	▲	Baja temperatura alta velocidad	-40 +120	Jabón complejo de calcio/aceite ester	23	Husillo en maquinaria textil, husillos en máquinas herramientas
LGFP2					o	o	o	▲		Compatible con alimentos H1	-20 +110	Jabón complejo de aluminio/aceite medicinal	130	Máquinas de repostería, equipos de proceso alimenticio, empacadoras

### 3.7.6 CANTIDAD DE LUBRICANTE Y PERIODO DE LUBRICACIÓN.

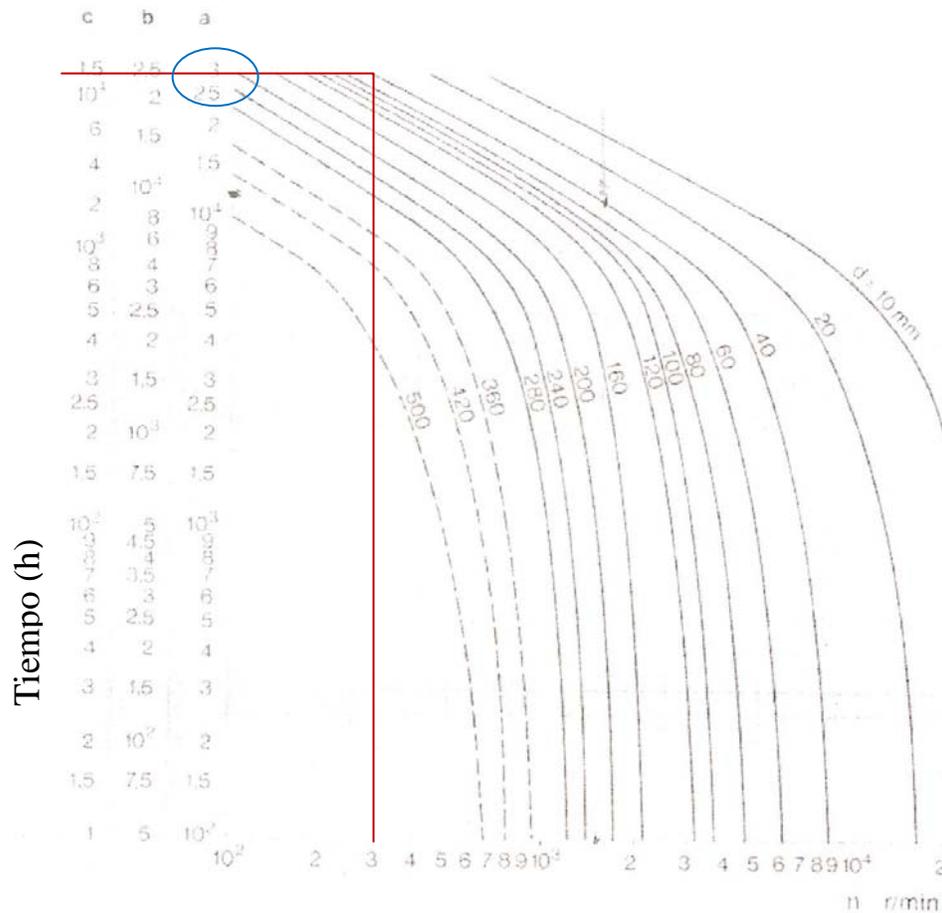
**Cantidad:**

$$G=0.005(D)(B)$$

$$G=(0.005)(35)(19)$$

$$G=3.325 \text{ gramos por rodamiento}$$

**Periodo de lubricación:**



- a Rodamientos radiales de bolas
- b Rodamientos de rodillos cilindricos, rodamientos de agujas
- c Rodamientos de rodillos a rótula, de rodillos cónicos, axiales de bolas, de rodillos cilindricos sin jaula llenos de rodillos (0.2 t<sub>r</sub>), axiales de rodillos cilindricos, axiales de agujas, axiales de rodillos a rótula (0.5 t<sub>r</sub>)

El periodo de lubricación es de **2500** hrs

En resumen:

El hallazgo más relevante de esta revisión fue que la viscosidad del aceite base para la grasa recomendada por el fabricante era de 160 Cst., mientras que en la revisión por mantenimiento se determino 160 Cst. Se confirmo que la grasa esta seleccionada apropiadamente y como refuerzo se programo una revisión por parte del fabricante del

equipo, a la fecha se está realizando un monitoreo del comportamiento del lubricante por lo que se están midiendo las cantidades consumidas, así como el amperaje del motor, la idea es establecer una correlación entre carga del motor y desempeño del lubricante.

### **3.8 Mejora de las habilidades de mantenimiento.**

El despliegue de un sistema de mantenimiento productivo como el que se ha descrito hasta el momento definitivamente requiere de un proceso de capacitación muy amplio en el que se gestione tanto el desarrollo de habilidades técnicas (plc., electrónica, lubricación, etc.) como el de competencias desde el punto de vista liderazgo y trabajo en equipo, se trata pues de desarrollar seres humanos altamente calificados enfocados en lograr la máxima confiabilidad de los equipos y dispuestos a aprender y desarrollar nuevas habilidades. El trabajo desarrollado en este aspecto se resume en una Matriz de Habilidades de Mantenimiento Planeado la cual tuvo como propósito mostrar de manera muy visual las áreas de oportunidad de cada persona y su avance, esto genero una competencia sana y permitió que los procesos de evaluación fueran objetivos.

En la planta el 95% de la tecnología es de un solo fabricante y esto en lugar de ser una ventaja se convirtió en un problema, esto básicamente se origino por el hecho de que la capacitación directa por el fabricante es extremadamente cara, durante años recibir capacitación se convirtió en un privilegio al que solo algunas personas tenían acceso.

A inicios del 2009 se elaboro una estrategia de capacitación y retención de talento apegada a los principios de la filosofía TPM. Esta estrategia consistió en formar instructores internos certificados por el fabricante del equipo y a través de ellos capacitar al 100 % del personal de mantenimiento, esto ha tenido un impacto muy importante en el desempeño de la planta y en la moral de la gente. Adicionalmente se revisaron categorías y sueldos para asegurar que la planta compitiera con lo oferta laboral del mercado.

Se desarrollo una matriz de habilidades con el propósito de hacer visibles tanto las áreas de oportunidad como la evolución de las habilidades, esta matriz se publico a la entrada de la planta para que cualquier persona pudiera identificar el estatus general de las actividades de capacitación, a continuación se muestra un ejemplo.

		Bloque 0: Conocimientos generales				Bloque 1 al 4: Conocimientos específicos					Bloque 5: Sistemas Jumex			
PUESTO		Neum.	Hidra.	Meca. Banco	Elect. / Electrón.	Intro. TBA	Oper. Filler M.	Filler Machine	MM1 Jaw&FFU	MM2 ASU&SE	HACCP	BPM's	EMM MP	EMM MA
MECANICO ESPECIALISTA	B1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
MECANICO ESPECIALISTA	B2	■	■	■	■						■	■	■	■

En la matriz cada habilidad se representa con un cuadro dividido en cuatro cuadrantes, iniciando en el cuadro superior izquierdo y en el sentido de las manecillas de reloj, cuando se sombrea el primer cuadrante se dice que el tema se conoce, es decir adquirió los conocimientos a través de un curso y el resultado fue aprobatorio, el segundo cuadrante se refiere al hecho de que el técnico está aplicando sus conocimientos y esto es supervisado y evaluado por los instructores certificados y el supervisor correspondiente, el tercer cuadrante se sombrea cuando se hacen propuestas de mejora que son implementadas de manera exitosa y por último el cuarto cuadrante corresponde a alguien que ya está preparado para dar capacitación a personal de otro departamento ó al suyo propio.



Para darle mayor relevancia al programa se revisaron las categorías existentes y se propuso un nuevo esquema que permitió desarrollar un plan de nivelaciones basado en el avance mostrado por cada técnico y reflejado en la matriz de habilidades.

### CATEGORIAS VS MATRIZ HABILIDADES

CATEGORIA	OBLIGATORIO	RELATIVO SEGUN EVALUACIONES	OBLIGATORIO	DISTRIBUCION
C	6 MESES	NUEVO INGRESO		10%
B	BLOQUE 0	MAS UN BLOQUE ESPECÍFICO	MAS BLOQUE 5	40%
A	BLOQUE 0	MAS DOS BLOQUES ESPECIFICOS	MAS BLOQUE 5	40%
AA	BLOQUE 0	MAS TRES BLOQUES ESPECIFICOS	MAS BLOQUE 5	10%

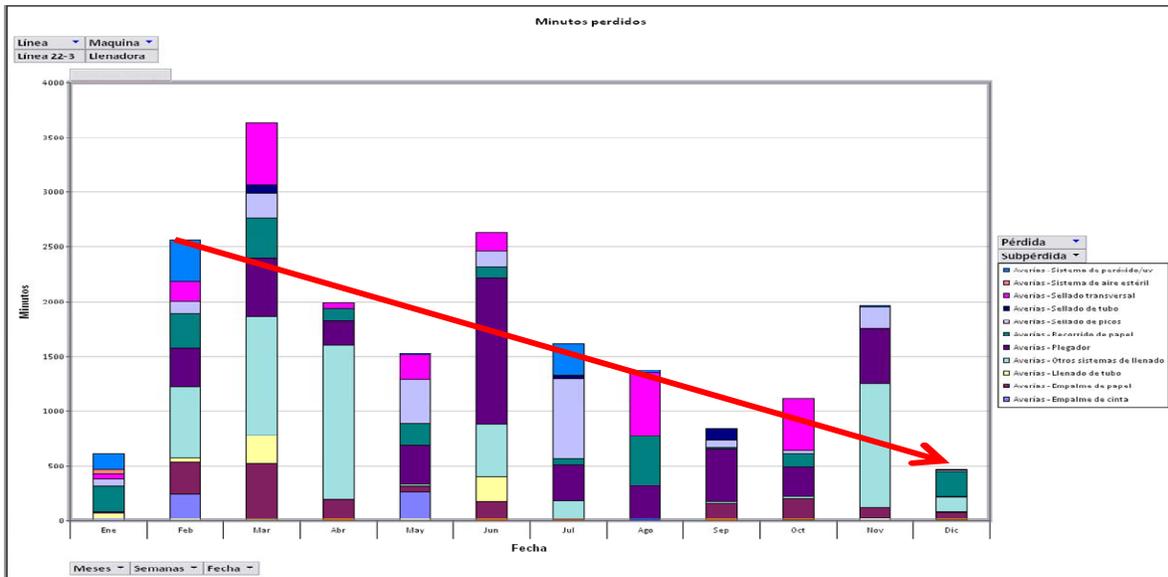




# RESULTADOS Y CONCLUSIONES

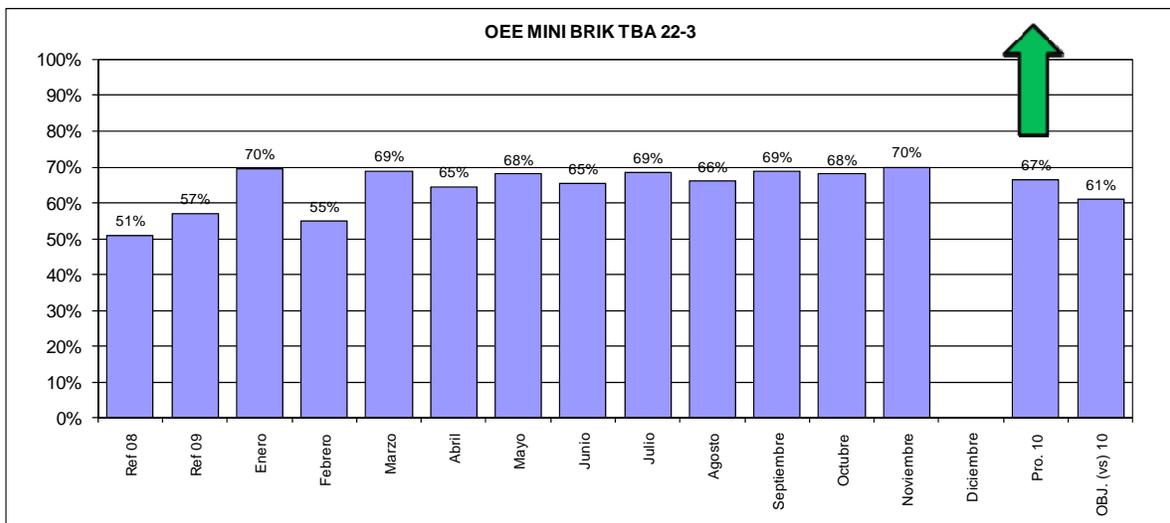
## 4.1 Resultados cuantitativos.

Tratándose de una línea de producción el primer resultado esperado es la reducción de las fallas ó averías, en este sentido la gráfica siguiente muestra una tendencia definida hacia la disminución de fallas en la línea, esto representa una reducción del 40% respecto al punto de partida.

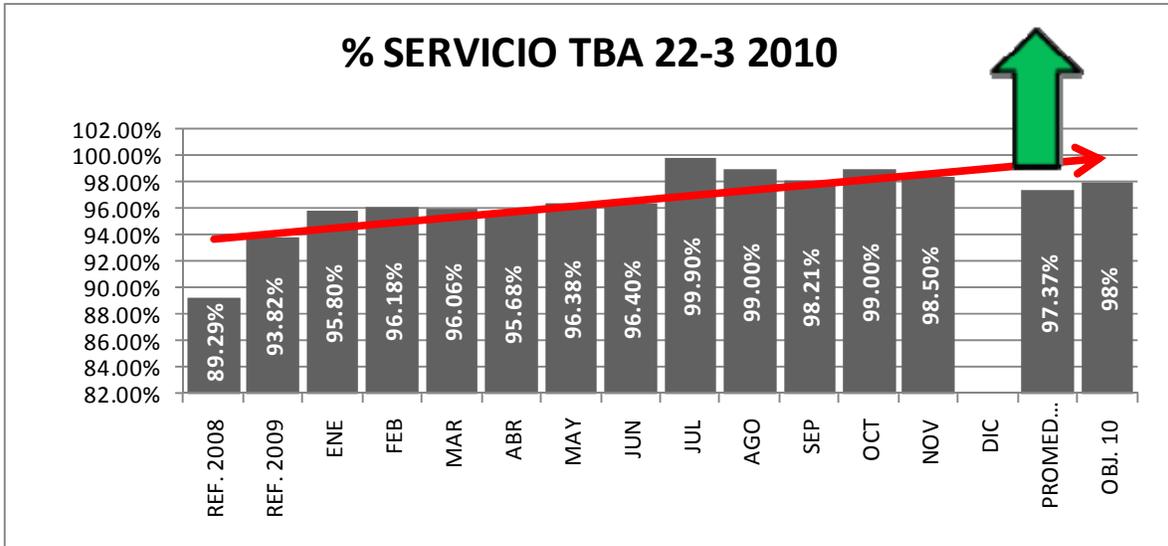


En la mayoría de las gráficas voy a utilizar el resultado mensual promedio del 2008 y 2009 para compararlo contra el promedio mensual 2010.

La OEE mejoro de 57% promedio mensual 2009 a 67% promedio mensual 2010, lo que representa una mejora del 17.50%.

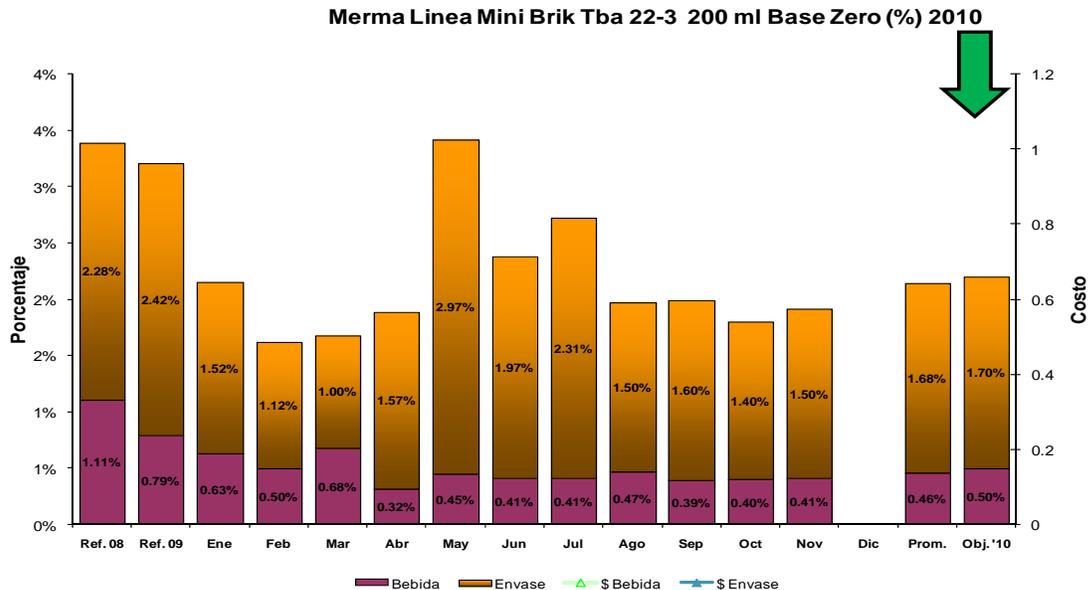


El nivel de servicio mejoró de 93.82% promedio mensual 2009 a 97.37% promedio mensual 2010 lo que representa una mejora de 3.8%.



En cuanto a merma de materia prima se logro una mejora de 2.28% promedio mensual 2009 a 1.68% promedio mensual 2010, esto representó una mejora de 26%.

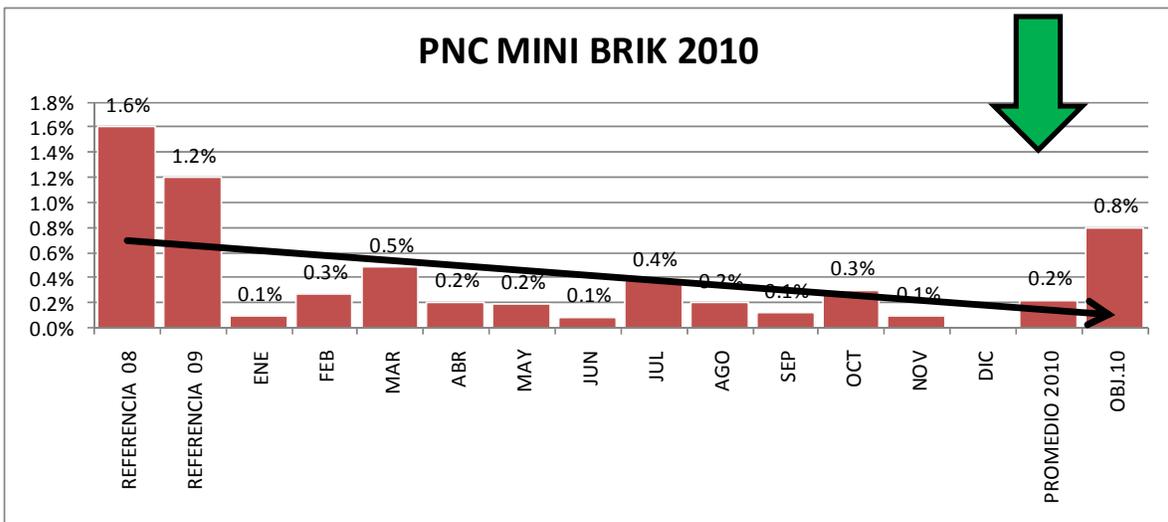
En cuanto a merma de material de envase se mejoro de 0.79% promedio mensual 2009 a 0.46% promedio mensual 2010, lo que representó una mejora de 41%.



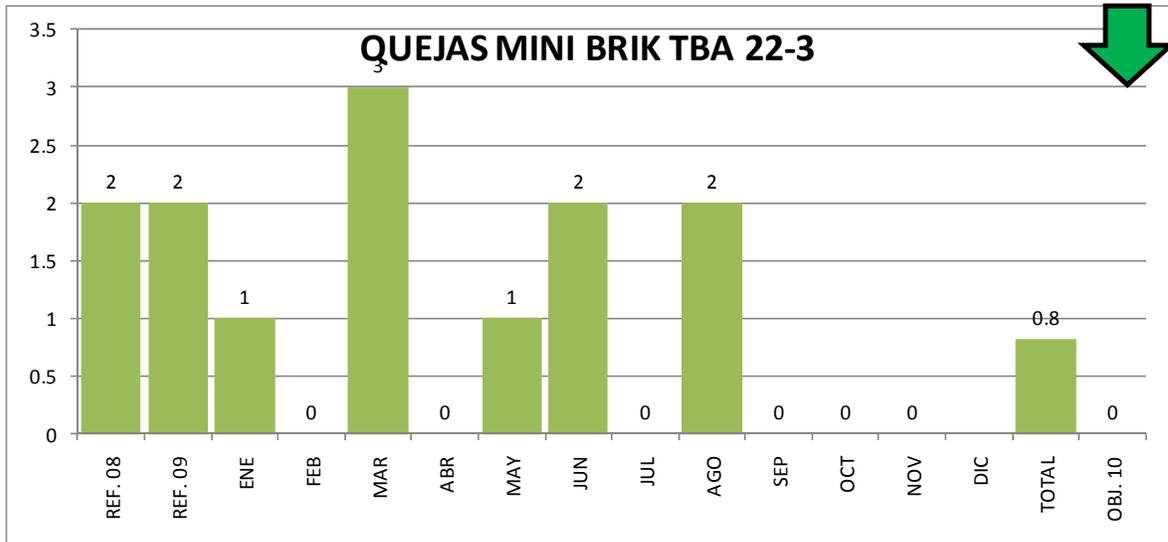
En relación al costo de mantenimiento se alcanzó en el 2010 un promedio por cada mil envases de 63.45 pesos, lo que representa un incremento marginal de 3.45% respecto al 2009, este incremento es menor a la inflación y representa el costo de mantenimiento por cada mil envases más competitivo del mercado.



En cuanto a producto no conforme (PNC) se logró una mejora de 1.2% promedio mensual 2009 contra 0.2% promedio mensual 2010, lo que representa una mejora del 83%.



En cuanto a quejas de cliente se logro una mejora de 2 quejas promedio mensual 2009 a 0.8 quejas promedio mensual 2010, esto representa una mejora de 60%.



## 4.2 Resultados Cualitativos

Los resultados cuantitativos que ya se presentaron muestran mejoría en todos los casos y esto no sería posible sin los resultados intangibles, en otras palabras la motivación y el involucramiento de todo el personal es clave para logran resultados consistentes, a continuación se enlistan los aspectos cualitativos en los que se observo un cambio favorable:

1. Mayor motivación en el personal.
2. Mejor desempeño y balance técnico de los grupos.
3. Mayor claridad de alcance entre personal de planta y personal externo.
4. Personal mejor preparado.
5. Reducción de rotación en personal.
6. Disminución de técnicos de servicio externo.
7. Mecánicos y electrónicos multifuncionales.

8. Disminución de los tiempos de arranque después de un mantenimiento.
9. Mayor trabajo en equipo.
10. Instructores internos certificados para formar y desarrollar al personal técnico.

### **4.3 Conclusiones**

Tengo la fortuna de conocer la filosofía TPM por más de 10 años y cada vez que surge la oportunidad de implementar nuevamente el concepto quedo más convencido de su efectividad para lograr resultados a mediano y largo plazo, quizás este punto es la clave del éxito, porque no se trata de una moda, tampoco es una solución a corto plazo, ya que su implementación requiere un esfuerzo muy grande y un compromiso a todos los niveles, sobre todo considerando que se trata de una nueva forma de trabajar, de una nueva cultura en donde al departamento de mantenimiento se le considera una ventaja competitiva y no un barril sin fondos que nunca da resultados.

En cuanto al proceso de implementación debo reconocer que requiere de mucho entendimiento, dedicación y determinación para convencer a todo el grupo de los beneficios de trabajar con esta filosofía y esto no es una tarea menor por tratarse de cambiar lo establecido y explorar nuevas formas, esto causa emoción en algunas personas y ansiedad en otras, lo más satisfactorio es ver como gradualmente se van sumando mas y mas personas al proyecto y como la moral del equipo mejora conforme se logran resultados positivos. Es un hecho que esta nueva forma de trabajo potencializa capacidades muchas veces ocultas que nuestra gente no conocía.

Siempre he pensado que la imagen de una planta vende y particularmente tratándose de plantas de alimentos, es decir cuánto menos deterioro presente la planta, más ordenada y limpia luzca y cuanto más motivada y comprometida este su gente, va a resultar fácil para cualquier persona que la visite observar que algo positivo pasa ahí y esto me lleva al concepto de fabrica transparente y visual, es decir se puede mostrar los avances en cualquier momento sin previo aviso, al final se trata de consistencia más que solo responder a una visita ocasional.

Los números son muy importantes y en todos los casos se logro la mejora de cada uno de ellos he tratado de explicar con el mayor detalle posible los resultados obtenidos, sin embargo, quiero hacer énfasis en los resultados intangibles como lo fue mejorar el ambiente de trabajo, mejorar el trabajo en equipo, generar participación activa, potencializar la transferencia de habilidades, disminuir la rotación y mantener al personal motivado, etc. Para mí sin duda estos son los mejores resultados de la implementación de la filosofía y son la principal razón por la que se alcanzaron los resultados numéricos.

Considero que al implementar esta nueva forma de trabajo se inició desde la planta un cambio cultural que en algún momento va a impactar en toda la compañía y de hecho también en los proveedores que nos dan servicio, el tema ha levantado tal expectativa que áreas como ventas nos visitaron para entender lo que está pasando y de alguna manera sumarse al proyecto; por el lado de externos nuestro principal proveedor de tecnología ajustó su estrategia de soporte técnico a toda su red de plantas a partir de los aprendizajes ganados con nosotros.

Otro aspecto sobresaliente es el hecho de que siempre la implementación se basó en actividades en piso y no en actividades de escritorio de tal manera que al ser los principales actores tanto técnicos como operadores mostraron habilidades y competencias que muchas veces ellos mismos desconocían. Me parece que se tiende a subestimar el gran potencial y talento humano que hay en estos niveles de las organizaciones.

Por otro lado se puede resaltar que la implementación de “Mantenimiento Productivo” es una excelente alternativa para las plantas que pretendan mejorar de manera consistente su desempeño y que busquen estrategias para mejorar su competitividad a mediano y largo plazo, todo esto en un entorno cada vez más globalizado y competitivo, donde las plantas deben diferenciarse a nivel mundial y en este contexto, la principal ventaja competitiva siempre será el desarrollo del talento humano.

Finalmente quiero concluir que a través de las actividades de mantenimiento planeado se logró incrementar la confiabilidad de los equipos, lo cual representa mayor productividad al menor costo y este aspecto es muy importante en una época en la cual lo que se busca es competir al menor costo con la máxima calidad.

## Bibliografía:

1. TPM, New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries, Kunio Shirose, JIPM 2000.
2. Planned Maintenance Keikaku Hozen, Kinjiro Nakano, JIPM 2003.
3. TPM For Work Shop Leaders, Kunio Shirose, Productivity 1993.
4. TPM Encyclopedia, Seiichi Nakajima, JIPM 1996.
5. The 5S Improvement Handbook, Productivity Europe 1998.

## Glosario de términos

ADA: Área de Difícil Acceso

Anomalía: Condición previa a la avería (p.e. desgaste, sucio, oxido, ruido, vibración, etc.)

Avería: Paro repentino con duración de más de 10 minutos y que requiere de reparación ó cambio de componentes.

BM: Mantenimiento por Averías

CBM: Mantenimiento Basado en Condiciones

CM: Mantenimiento Correctivo.

CIF: Control Inicial de Flujo.

Cinco Eses (5S): Palabras de origen japonés que en español significan (selección, orden, limpieza, estandarización, disciplina)

Condiciones Básicas: Se refiere al cuidado de la limpieza, inspección lubricación y apriete desarrollados por el operador.

Deterioro Forzado: Desgaste mayor al natural originado por no cumplir con los requerimientos de uso ó por falta de habilidades tanto de operación como de mantenimiento.

Diseño Débil: Falta de resistencia ó exceso de carga incorporada a un componente durante la etapas de diseño ó instalación del equipo.

FMEA: Análisis de Modo de falla y Análisis de Efectos

FS: Fuente de Suciedad

IR: Inspección y Restauración.

JIPM: Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas

LILA: Limpieza Inspección Lubricación y Apriete

LUP: Lección de Un Punto

MA: Mantenimiento Autónomo

MP: Mantenimiento Planeado

NS: Nivel de servicio

OEE: Eficiencia Global del Equipo

PNC: Producto No Conforme

TBM: Mantenimiento Basado en el Tiempo

TPM: Mantenimiento Productivo Total

Velocidad Reducida: Velocidad de funcionamiento menor a la de diseño