



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la**  
**Producción**

"Implementación de plan piloto de Mantenimiento Autónomo en el  
área de montaje en una fábrica de baterías para automóviles"

**INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIEROS INDUSTRIALES**

Presentado por:

Ginger Gisella Guedes Kuonquí

Gustavo David Vanoni Ordinola

GUAYAQUIL - ECUADOR

2013

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que nos han ayudado a asumir y aprender a superar todos los obstáculos presentados durante nuestra trayectoria académica, profesional y personal, a ellos nuestra promesa de seguir siempre adelante.

# DEDICATORIA

A NUESTROS PADRES,  
AMIGOS Y PROFESORES

# TRIBUNAL GRADUACIÓN

---

Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

MSc. Cristian Arias U.  
DIRECTOR

---

Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

"La responsabilidad del contenido de este Informe de Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Ginger Gisella Guedes Kuonquí

---

Gustavo David Vanoni Ordinola

## RESUMEN

El presente trabajo analiza el área de montaje de una fábrica de baterías para automóviles, área que es un punto crítico en la línea de producción de la compañía. Es necesario optimizar los recursos de hora hombre y disminuir los costos de mantenimiento que han demostrado un crecimiento en los resúmenes estadísticos presentados en las reuniones de comité. Con el objetivo de maximizar los equipos de la compañía, calidad del producto fabricado y rendimiento general de la planta.

Se diseña una de las prácticas de calidad denominada 5s's para mejorar las estaciones de trabajo fomentando el compromiso en los trabajadores. Se describe la situación actual del área de montaje, se identifica los problemas y se analizan con herramientas estadísticas. Se define los objetivos estratégicos a través de análisis FODA y los indicadores e iniciativas relacionados con los pilares del TPM.

El objetivo es maximizar la eficiencia global de los equipos y procesos mediante indicadores de desempeño que serán monitoreados por medio de formatos de seguimiento de acciones de mejora. Se diseña tarjetas de activos y guías operativas; se reestructura el plan de mantenimiento y se establece el uso correcto de órdenes de trabajo con el propósito de lograr

que el operador se involucre en las actividades diarias de mantenimiento. Finalmente se establece planes de capacitación y entrenamiento para todo el personal.

Se espera que la implementación del plan piloto de mantenimiento autónomo en el área de montaje, aumente el nivel de calidad de los productos, incremente la disponibilidad de los equipos, optimice el rendimiento del área y el involucramiento del personal en el cumplimiento del plan de mantenimiento.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Generales.....	3
1.2.2. Específicos.....	4
1.3. Metodología y Estructura del Proyecto.....	4
<b>CAPÍTULO 2</b>	
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Generalidades de Mantenimiento.....	6
2.1.1. Definición de Mantenimiento.....	9
2.1.2. Tipos de Mantenimiento.....	11
2.1.3. Beneficios de Mantenimiento.....	14



2.2. Filosofía 5s's.....	15
2.3. Mantenimiento Productivo Total.....	21
2.3.1. Mantenimiento Autónomo.....	34
2.4. Herramientas Estadísticas.....	35
2.5. Proceso de Fabricación de Baterías para Automóviles.....	36

### **CAPÍTULO 3**

3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	40
3.1. Información General.....	40
3.2. Descripción Área de Montaje.....	49
3.3. Identificación de Equipos Críticos.....	49
3.3.1. Problemas Encontrados.....	52
3.3.2. Planteamiento de Iniciativas.....	61

### **CAPÍTULO 4**

4. IMPLEMENTACIÓN DE PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN EL ÁREA DE MONTAJE EN UNA FÁBRICA DE BATERÍAS PARA AUTOMÓVILES.....	69
4.1. Cronograma de implementación TPM para el Área de Montaje....	69
4.2. Programa de 5s's para el personal del Área de Montaje.....	72
4.3. Pilares TPM.....	85
4.3.1. Mejoras Enfocadas.....	85

4.3.2. Mantenimiento Planificado.....	105
4.3.3. Mantenimiento Preventivo.....	109
4.3.4. Mantenimiento de la Calidad.....	110
4.3.5. Mantenimiento Autónomo.....	113
4.4. Mecanismos de Control y Seguimiento para TPM.....	124
4.5. Análisis de resultados.....	128

## **CAPÍTULO 5**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	132
--	-----

## **ANEXOS**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1.	Ciclo de la gestión de mantenimiento..... 9
Figura 2.2.	Clasificación del mantenimiento..... 12
Figura 2.3.	Niveles de problemas en mantenimiento..... 22
Figura 2.4.	Clasificación de pérdidas..... 26
Figura 2.5.	Costos de manufactura..... 27
Figura 3.1.	Organigrama de la empresa..... 41
Figura 3.2.	Proceso de acumuladores eléctricos de plomo y ácido..... 42
Figura 3.3.	Inventario de máquinas por procesos..... 45
Figura 3.4.	Porcentaje de paros técnicos de montaje (Enero – Junio 2012)..... 53
Figura 3.5.	Pareto de paros técnicos en montaje..... 54
Figura 3.6.	Diagrama de Ishikawa - horas perdidas ..... 55
Figura 3.7.	Diagrama de Ishikawa - paros no programados..... 55
Figura 3.8.	Órdenes de mantenimiento..... 60
Figura 3.9.	Diagrama análisis FODA del departamento de Mantenimiento..... 62
Figura 3.10.	Despliegue de objetivos estratégicos..... 64
Figura 4.1.	Clasificar elementos innecesarios en el área..... 74
Figura 4.2.	Tarjeta roja..... 76
Figura 4.3.	Ordenar el área..... 79
Figura 4.4.	Criterios para la ubicación de ítems en áreas de trabajo..... 79
Figura 4.5.	Limpiar el área..... 81
Figura 4.6.	Información general de ficha del indicador..... 89
Figura 4.7.	Eficiencia operacional..... 90
Figura 4.8.	Disponibilidad de máquina..... 91
Figura 4.9.	Calidad de producto..... 92
Figura 4.10.	Rendimiento del montaje..... 93
Figura 4.11.	Mantenimiento correctivo..... 94
Figura 4.12.	Plan de mantenimiento anual..... 95
Figura 4.13.	Cumplimiento de órdenes de mantenimiento..... 96
Figura 4.14.	Plan de capacitación..... 97
Figura 4.15.	Implementación metodología 5s´s..... 98
Figura 4.16.	Costos operativos..... 99
Figura 4.17.	Stock mínimo de repuestos..... 100

Figura 4.18.	Órdenes de mantenimiento.....	107
Figura 4.19.	Tarjeta de activos para los equipos.....	115
Figura 4.20.	Plan de auditoría.....	125
Figura 4.21.	Reporte de auditoría TPM.....	126
Figura 4.22.	Plan de acción.....	127
Figura 4.23.	Verificación del cierre de las acciones propuestas.....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Distribución de personal de mantenimiento por turno de Trabajo.....	46
Tabla 2	Resultados del cálculo de criticidad.....	51
Tabla 3	Costos de mantenimiento por área (ene –jun. 2012).....	51
Tabla 4	Matriz de objetivos / iniciativas – priorización de pilares de TPM.....	66
Tabla 5	Plan de implementación TPM para el área de mantenimiento	70
Tabla 6	Plan piloto de implementación TPM para el área de montaje..	72
Tabla 7	Lista de actividades para ejecución de primera etapa Seiri.....	75
Tabla 8	Secciones de la tarjeta roja.....	77
Tabla 9	Lista de seguimiento de tarjetas rojas.....	78
Tabla 10	Registro de artículos por área.....	80
Tabla 11	Planificación de actividades de limpieza.....	81
Tabla 12	Planificación de recursos de limpieza.....	82
Tabla 13	Guía de seguimiento 5s´s.....	83
Tabla 14	Horarios de limpieza.....	84
Tabla 15	Indicadores de gestión del departamento de mantenimiento...	86
Tabla 16	Nivel de aceptación de implementación.....	98
Tabla 17	Resultados del tablero de control.....	102
Tabla 18	Matriz de seguimiento de reuniones operacionales.....	105
Tabla 19	Plan de mantenimiento anual del área de montaje.....	108
Tabla 20	AMEF área de montaje.....	111
Tabla 21	Identificación de peligros y evaluación cualitativa de los riesgo.....	117
Tabla 22	Lista de verificación de mantenimiento diario.....	120
Tabla 23	Plan de capacitación.....	123
Tabla 24	Análisis de resultados.....	129
Tabla 25	Análisis de costos.....	130

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas prósperas buscan ser competitivas y estar preparados para reaccionar ante cualquier eventualidad que se presente. Las empresas desarrollan planes estratégicos para alcanzar sus objetivos, de esta manera pueden aprovechar las oportunidades.

Para cumplir con la misión y visión de la organización es importante que las empresas manufactureras además de cumplir con un plan estratégico, desarrollen iniciativas que permita establecer condiciones necesarias para lograr la Implementación de Plan Piloto de Mantenimiento Autónomo en el Área de Montaje en una Fábrica de Baterías para Automóviles que garantice la fiabilidad y disponibilidad de los activos, que sea un trabajo seguro para los operadores y que ayude a reducir los costos.

Los resultados obtenidos de un análisis financiero y una auditoría de procesos en el área de mantenimiento fueron desfavorables. La organización considera como objetivo estratégico aumentar la eficiencia y eficacia de sus activos en sus instalaciones, identificando las pérdidas que existen, con el fin de cuantificarlas y establecer medidas de control, utilizando correctamente los recursos.

Se considera necesario cumplir con el mantenimiento preventivo en toda la maquinaria para disminuir el mantenimiento correctivo, alargar el tiempo de vida útil de los equipos, lo que conlleva a disminuir los costos por repuestos.

Adicionalmente el presente documento propone un método de comunicación entre los operadores para crear un entorno de trabajo agradable que permite transferir los conocimientos y habilidades entre los mismos.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. Antecedentes**

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Generales**

Implementar un Plan Piloto de Mantenimiento Autónomo en el Área de Montaje en una Fábrica de Baterías para Automóviles con el fin de cumplir con los objetivos de la organización que están enfocados a obtener una mayor rentabilidad.



### **1.2.2. Específicos**

- Controlar el cumplimiento del plan de mantenimiento.
- Disminuir las paras innecesarias en los activos claves.
- Implementar la metodología 5s's.
- Disminuir los costos de mantenimientos preventivos y correctivos.
- Mantener capacitado al personal de planta.
- Aumentar la disponibilidad de los equipos.
- Alargar el tiempo de vida de las máquinas.

### **1.3. Metodología y Estructura del Proyecto**

- Levantamiento de información en el área de montaje.
- Identificación de los problemas aplicando herramientas estadísticas.
- Definición de soluciones en base a los pilares del TPM.

#### **Estructura del Proyecto**

El primer capítulo menciona las generalidades del proyecto, establece objetivos y metodología en base a las necesidades de la planta.

El segundo capítulo hace referencia al marco teórico empleado, como definiciones de TPM, 5s's, y funcionamiento de baterías.

El tercer capítulo detalla las generalidades de la empresa, el proceso de fabricación de las baterías, los equipos críticos y se realiza la identificación de los problemas.

En el cuarto capítulo se realiza la planificación de la gestión de mantenimiento, donde se formula la misión, visión, objetivos y se plantean las iniciativas de mejora, adicionalmente se detalla el programa de TPM, se describen los pilares de mantenimiento empleados en la planta industrial, se realiza el diseño del programa de 5s's, se hace mención a las auditorías que se debe ejecutar en el programa de TPM con sus respectivos reportes de control y seguimiento, y se muestra el análisis de resultados.

En el capítulo cinco se expresan las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Generalidades de Mantenimiento [1]

Las organizaciones aplican la gestión de mantenimiento para reducir los costos que se pueden incrementar por la elevada complejidad de los equipos, la falta de capacitación, poca motivación o también porque el entorno exterior lo requiere como las exigencias de seguridad, los aspectos ambientales y/o los requerimientos de calidad.

Para reconocer si la organización necesita enfocarse en la gestión de mantenimiento se debe tener en cuenta los siguientes síntomas:

- Paras en las máquinas.
- Muchas emergencias.
- Falta de programa de reemplazo de equipos.

---

<sup>1</sup> Gómez Félix, Tecnología del mantenimiento industrial, Murcia 1998, página 23-25

- Falta de planificación.
- Deficientes talleres y equipos.
- Falta de indicadores.
- Desequilibrio entre producción y mantenimiento.
- Personal no calificado.
- Inadecuada capacitación.
- Personal desmotivado.
- Falta de control de costos.

Por lo tanto, dependiendo de los factores citados, el campo de acción de las actividades del departamento de mantenimiento puede incluir las siguientes responsabilidades:

- Mantener los equipos, instalaciones en condiciones operativas eficaces y seguras.
- Efectuar un control del estado de los equipos así como de su disponibilidad.
- Realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas.
- Efectuar una previsión de los repuestos, en función de los datos históricos disponibles.
- Intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones.

- Llevar a cabo tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.
- Instalar nuevos equipos.
- Asesorar a los mandos de producción.
- Velar por el correcto suministro y distribución de energía.

En base a las responsabilidades asignadas al área de mantenimiento, es fundamental para el buen funcionamiento de la empresa que éstas estén perfectamente definidas y sus límites de acción y autoridad claramente definidos. Esto implica evitar que determinadas actuaciones queden mal definidas, o por el contrario que exista superposición de responsabilidades, lo que podría ocasionar conflictos de autoridad.

En base a lo expuesto, a continuación una definición:

*“Gestión de mantenimiento comprende las actividades de planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades para mantener un apropiado costo del ciclo de vida de los activos con el fin de que la empresa logre sus objetivos”.*



**FIGURA 2.1. CICLO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO<sup>[2]</sup>**

### **2.1.1. Definición de Mantenimiento <sup>[3]</sup><sup>[4]</sup><sup>[5]</sup>**

El mantenimiento es la base para desarrollar los conceptos generales y la ideología básica de organización de Ingeniería de Mantenimiento. La justificación de un grupo de Ingeniería de Mantenimiento se encuentra en que sirve para asegurar la disponibilidad de máquinas, edificios y servicios que se necesitan en otras partes de la organización para desarrollar sus funciones, a una tasa óptima de rendimiento sobre la

---

<sup>2</sup> Fuente: Stephen P. Robins, David A. DeCenzo, Fundamentos de administración: conceptos esenciales y aplicaciones

<sup>3</sup> Jean-Paul Sorius, El Mantenimiento fuente de beneficios, Ediciones Díaz de Santos, página 71.

<sup>4</sup> Alberto Sols, Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad: un enfoque sistemático, Ediciones Díaz de Santos, página 238.

<sup>5</sup> Morrow; Manual de mantenimiento industrial. Editorial Continental, México 1981, página 105

inversión, ya sea que esta inversión se encuentre en maquinaria, en materiales o en recursos humanos. La función de mantenimiento debe considerarse como parte integral e importante de la organización, que maneja una fase de las operaciones.

El costo de mantenimiento se ha convertido en la mayor parte del costo total de producción, y el grupo de Ingeniería de Mantenimiento, en una unidad importante de la compañía. Independientemente del tremendo aumento en importancia, del costo y de la complejidad de la función de mantenimiento, es necesario recordar que la función existe porque es una faceta necesaria de la operación de toda la planta, y no una unidad autosuficiente. Es una parte de un grupo, que puede tener éxito únicamente cuando funciona sobre una base cooperativa.

Los objetivos del mantenimiento son:

- Reducir el costo total.
- Conservar la inversión de los activos.
- Asegurar la calidad de los productos.
- Garantizar la seguridad del operador.

- Evitar impacto ecológico.

El mantenimiento tiene como tareas básicas la inspección, conservación, restauración o corrección y reparación.

**Inspección:** Averiguar el estado real.

**Conservación:** Conservar el estado teórico.

**Restauración o corrección:** Eliminar el defecto para lograr el estado teórico.

**Reparación:** Solucionar la falla para lograr el estado teórico.

### 2.1.2. Tipos de Mantenimiento

En una fábrica puede existir el mantenimiento planificado y no planificado. Dentro del mantenimiento planificado se encuentra el correctivo, preventivo, predictivo, renovativo y mejorativo; en la clasificación del mantenimiento no planificado se encuentra el reactivo y el dinámico.





**FIGURA 2.2. CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO<sup>6</sup>**

**Mantenimiento Correctivo:** corrige el efecto antes que suceda la falla. Conforme se reduce la cantidad de mantenimiento correctivo, crece la disponibilidad.

**Mantenimiento Preventivo:** evita grandes y costosas reparaciones, mediante la inspección periódica de los activos y del equipo de la planta. Aumenta la disponibilidad, permite planificar recursos y coordinar actividades.

**Mantenimiento Predictivo:** monitoreo de condiciones, inspección mediante equipos sofisticados, implica inspección

<sup>6</sup> Fuente: Félix Cesareo, Tecnología del mantenimiento industrial

planificada, incluye mantenimiento correctivo. Disminuye costos de mantenimiento y aprovecha vida útil.

**Mantenimiento Renovativo:** cuando se realiza una gran reparación planificada, puede ser una modificación o rediseño.

**Mantenimiento Mejorativo:** es efectuado por personal que ha sido designado para que se dedique en forma específica al mejoramiento del activo.

**Mantenimiento Reactivo (reparación de averías):** es el mantenimiento no planificado, una vez que se presenta la falla se realizan las labores de mantenimiento. En ocasiones tiene mayor costo por pérdida de producción, existe la posibilidad de averías en cadena.

**Mantenimiento Dinámico:** cuando interviene el personal de manera proactiva ya que se tiene al personal capacitado, motivado e involucrado.

### 2.1.3. Beneficios de Mantenimiento<sup>[7]</sup>

Toda empresa que cuente con un área de mantenimiento debe considerar el trabajo seguro, la vida útil de los equipos y la disponibilidad de las máquinas. Al desarrollar eficientemente los tres ámbitos el departamento de mantenimiento cuenta con los siguientes beneficios:

- Reducción de las fallas y tiempos muertos
- Incremento en la vida de los equipos
- Eficiencia en la utilización de los recursos
- Reducción de niveles del inventario
- Ahorro en costo de reparaciones
- Menor índice de accidentes
- Detección de incidentes
- Trabajo seguro para el operador

---

<sup>7</sup> Jean-Paul Souris, el mantenimiento: Fuente de beneficios, Editorial Díaz de Santos

## 2.2. Filosofía de las 5s´s [<sup>8</sup>][<sup>9</sup>]

Basada en palabras japonesas que comienzan con una "S", esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo.

“5s´s” simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

El método de las “5s´s” es una forma de involucrar a las personas y contribuir al cambio de cultura. “5s´s” es un sistema orientado a la limpieza visual, organización y disposición para facilitar una mayor productividad, seguridad y calidad. Compromete a todos los empleados y es la base para una mayor auto-disciplina en el trabajo para un mejor trabajo y mejores productos.

### **Seiri**

La primera S se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario.

---

<sup>8</sup> Lluís Cuatrecasas - Francesca Torrel, TPM en un entorno Lean Management, Profit Editorial, página 137.

<sup>9</sup> Francisco Rey Sacristán Las 5S: Orden y limpieza en el puesto de trabajo, FC Editorial 2005.

La primera etapa de la implementación se centra principalmente en una limpieza a fondo del sitio de trabajo, esto quiere decir que se saca todo lo que no sirve del sitio de trabajo y se limpian todos los equipos, instalaciones a fondo, dejando un precedente de cómo es el área si se mantuviera siempre así (se crea motivación por conservar el sitio y el área de trabajo limpios).

Una vez que se haya confirmado los elementos innecesarios, estos se deben dividir en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que deben ser descartados. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando materiales tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso".

Usar tarjetas de color permite marcar o denunciar que en el sitio de trabajo existe algo innecesario y que se debe tomar una acción correctiva.

Se puede utilizar tarjetas de color rojo para identificar objetos que no pertenecen al área de trabajo o para marcar todo lo que debe desecharse. Las tarjetas de color azul se utilizan para identificar los

elementos que si pertenecen al área de trabajo y se pueden ubicar en lugares estratégicos para el usuario. Las tarjetas de colores intensos facilitan la identificación de objetos que se encuentran ubicados en distancias alejadas.

### **Seiton**

La segunda etapa de la implementación se refiere a la optimización de lo logrado en la primera etapa, esto quiere decir, que una vez dejado solo lo que sirve, se tiene que pensar en cómo mejorar lo que está con una buena clasificación, un orden coherente, ubicar los focos que crean la suciedad y determinar los sitios de trabajo con problemas de suciedad.

Una buena práctica es “tener todo en su lugar”, para esto se puede pintar los pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, dibujar la silueta de las herramientas en los tableros de las mismas, colocar estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc.

Lo importante es que todo debe tener su lugar. "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar."

### **Seiso**

La tercera S es la limpieza del área, luego de haber conseguido espacio físico, producto de la implementación de las s's anteriores, se debe limpiar el lugar y debe mantener una limpieza diaria a fin de conservar el buen aspecto y comodidad para el usuario.

Luego de la limpieza es muy común encontrar fugas de aceite, aire, refrigerante; partes con excesiva vibración o temperatura; riesgos de contaminación, partes fatigadas, deformadas, rotas o desalineamiento. El arreglo de estos elementos evita que se produzcan fallas en los equipos y pérdidas en producción.

También se debe establecer procedimientos, normas o estándares de clasificación, mantener estos procedimientos a la vista de todo el personal, erradicar o mitigar los focos que provocan cualquier tipo de suciedad e implementar las gamas de limpieza.

### **Seiketsu**

Al implementar las 5s's, se debe concentrar en estandarizar las mejores prácticas en el área de trabajo. Dejar que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas. Ellos son

valiosas fuentes de información en lo que se refiere a su trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta.

Los pasos en la estandarización son:

- Establecer una lista de comprobación de rutina para cada área de trabajo. Esto muestra lo que el equipo debe comprobar durante las auto-auditorías.
- Establecer un sistema multi-nivel de auditoría en la que cada nivel de la organización tiene un papel que desempeñar para garantizar que las 5s's se sustenta en las áreas de trabajo y que el sistema de las 5s's evoluciona y se fortalece.
- Establecer y documentar los métodos "estándar" en las áreas de trabajo.
- Documentar los nuevos métodos "estándar" para hacer el trabajo.

### **Shitsuke**

Esta es la "S" más difícil de alcanzar e implementar. La naturaleza humana es resistirse el cambio y no pocas organizaciones se han encontrado dentro de un taller sucio y amontonado luego de haber intentado la implementación. Es necesaria una forma sistemática



para prevenir la reincidencia y fomentar la mejora continua. Los pasos de mantenimiento son:

- Determinar el nivel de logro de “5s’s”
- Realizar a los trabajadores los controles de rutina de 5s’s con una lista de verificación.
- Direccionar los retrocesos y las nuevas oportunidades detectadas en los controles de rutina.
- Aplicar de forma programada, chequeos de rutina liderados por el líder del grupo o bien por personas ajenas al grupo de trabajo.
- Realizar auditorías de alto nivel para evaluar qué tan bien el sistema de las 5s’s está trabajando en general.

Para controlar el sistema de las 5s’s se recomienda un sistema de auditorías que se realiza junto a los responsables de procesos y con los operadores de fabricación, con el fin de hacer un autodiagnóstico del proceso puesto en marcha, así como evaluar en el tiempo la evolución del proyecto de las 5s’s definiendo objetivos de mejora en cada puesto de trabajo.

### 2.3. Mantenimiento Productivo Total [<sup>10</sup>][<sup>11</sup>][<sup>12</sup>]

El mantenimiento productivo total es una filosofía mediante la cual se trata de inculcar en todos los trabajadores de una organización que las labores de mantenimiento de productos y máquinas no son exclusivas del personal de mantenimiento. La intención del TPM es que labores de mantenimiento menores que no requieren un nivel especial de conocimiento o habilidad pueden ser realizadas por todas las personas.

Con esto se definen niveles de mantenimiento ejecutados en forma jerárquica, de acuerdo con el grado de conocimiento de la persona y el nivel de criticidad y exigencia de la falla. Si el grado de criticidad de la falla es alto o el grado de conocimiento requerido para resolver el problema no permite resolver la falla, se tiene que acudir a la figura 2.3 que muestra el nivel de jerarquía.

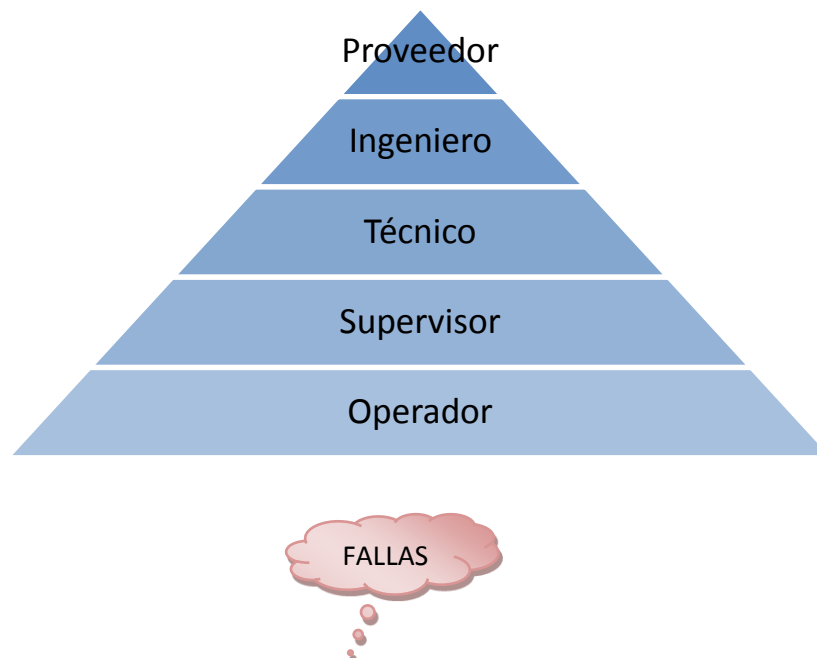
La figura esquematiza esta idea con cinco niveles que van desde problemas simples que puede resolver el operador hasta problemas complejos que deben ser resueltos por el proveedor del producto o equipo.

---

<sup>10</sup> Nakajima, TPM, 1989.

<sup>11</sup> Jorge Acuña Acuña, Ingeniería de Confiabilidad

<sup>12</sup> Manuel Francisco Suárez, Mejoras enfocadas, Editorial Panorama, página 117.



**FIGURA 2.3. NIVELES DE PROBLEMAS EN MANTENIMIENTO<sup>13</sup>**

El TPM involucra la búsqueda de formas de hacer eficiente la práctica del mantenimiento, mejorando la planeación y programación de tareas, formas de acceso al equipo y un eficaz control del inventario de partes y repuestos.

Es de gran relevancia desarrollar una adecuada administración de repuestos para evitar decir: ¿Qué comprar?, ¿Cuándo comprar? y ¿Cuánto comprar?, sino también un adecuado control de existencias que permita conocer la exacta ubicación de los

---

<sup>13</sup> Fuente: autores del documento

repuestos en bodega y que lleve un control sobre el desempeño de éstos y de sus proveedores. Este sistema de administración de repuestos contará también con registros de vida útil, costos y confiabilidad.

El TPM está destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos. Estas seis pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o mal funcionamiento de las operaciones.

TPM incorpora una serie de nuevos conceptos entre los cuales cabe destacar el Mantenimiento Autónomo, el cual es ejecutado por los propios operadores de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. Las Mejoras Enfocadas que trata de eliminar las pérdidas en la planta. El Mantenimiento Planificado, Mantenimiento de Calidad y

Mantenimiento de Prevención que alineados correctamente ayudan a alargar la vida útil de los activos y a reducir los costos. También se fortalece al personal con Capacitación y Entrenamiento. Todos estos conceptos son llamados pilares fundamentales del Mantenimiento Productivo Total que se detallan en los siguientes puntos.

Los beneficios de una buena implementación de TPM en una organización pueden tener resultados favorables que se cita a continuación:

- Mejora de la productividad en casi un 50%.
- Mejora del rendimiento operacional de las líneas de producción de un 30 a 35%.
- Mejora del rendimiento de la organización de un 50 a 55%.
- Reducción de costos de mantenimiento por unidad producida al 50%.
- Reducción de número de paradas al 50%.
- Mejora de las competencias de los operarios de fabricación.
- Tecnificación de la fabricación.
- Mejor aprovechamiento de los técnicos y profesionales de mantenimiento.
- Evitar inversiones y minimizarlas.

- Mantener equipos productivos en estado de referencia.

### **Pilares fundamentales TPM** [<sup>14</sup>] [<sup>15</sup>]

#### **Mejoras Enfocadas**

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto de eliminar sistemáticamente las grandes pérdidas ocasionadas en el proceso productivo; a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e inter-funcionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de las pérdidas existentes en la planta. Las pérdidas se clasifican en pérdidas del equipo, de recursos humanos y de proceso productivo.

---

<sup>14</sup> Rey Francisco, Mantenimiento total de la producción, Fundación Confemetal Editorial, página 57.

<sup>15</sup> Lluís Cuatrecasas, Francesca Torrell, El Mantenimiento Autónomo: la base de la implementación del TPM, Fundación Profit Editorial, página 129.

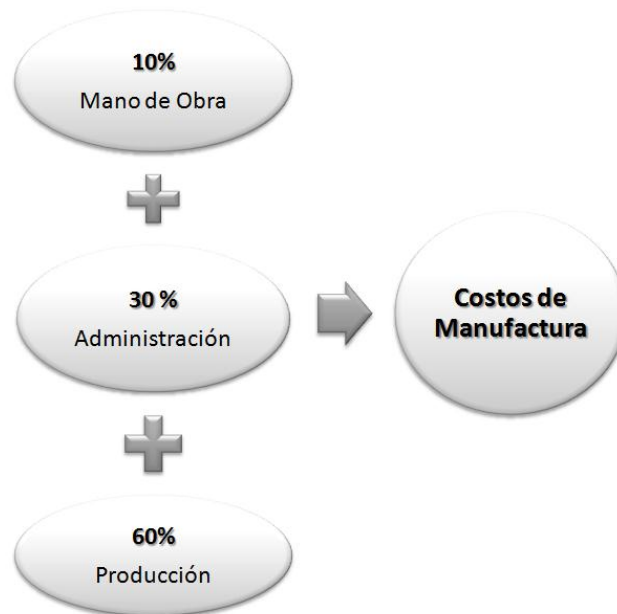


**FIGURA 2.4. CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS<sup>16</sup>**

Es importante destacar algunas posibles causas de las pérdidas en los equipos, muchas veces ocurre que las máquinas y/o equipos se deterioran por falta de un buen programa de mantenimiento o simplemente porque los encargados de observar y corregir estas fallas aceptan estas pérdidas; cuando debería ocurrir todo lo contrario, los equipos deberían funcionar bien desde la primera vez y siempre.

<sup>16</sup> Fuente: Autores del documento

Los costos de manufactura pueden distribuirse de la siguiente manera:



**FIGURA 2.5. COSTOS DE MANUFACTURA<sup>17</sup>**

Al reducir los costos asociados a Producción se reducirán la mayor cantidad de pérdidas.

### **Mantenimiento Planificado**

Es un conjunto de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente el proceso con el fin de mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas. El objetivo es

---

<sup>17</sup> Fuente: Autores del documento



eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejoras, prevención y predicción.

La idea del mantenimiento planificado es que el operador diagnostique la falla y la indique mediante etiquetas con formas, números y colores específicos dentro de la máquina, de forma que cuando el mecánico vaya a reparar la máquina observe directamente la falla y la elimine. Este sistema de etiquetas con formas, colores y números es bastante eficaz ya que al mecánico y al operario le es más fácil ubicar y visualizar la falla.

### **Mantenimiento de la Calidad [18]**

El propósito es mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y del equipo que tienen directo impacto en las características del producto. Eliminar los defectos de la calidad producidos por las pérdidas y condiciones de los equipos y observar las variaciones de valores medios para detectar causas tempranas de defectos y tomar acciones oportunas.

---

<sup>18</sup> Richard C. Vaughn, Introducción a la ingeniería industrial, editorial Reverté, página 153.

La meta es ofrecer un producto cero defectos, producto de una máquina cero defectos, y esto último sólo se logra con la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo, mediante rutinas de inspección de equipos, ya sean autónomas o de mantenimiento especializado.

Se realiza un equipo de trabajo formado por técnicos y especialistas de calidad donde plantean los problemas y definen estrategias de implementación que deben ser ejecutadas por los operarios y personal de mantenimiento, ya que requiere de técnicas TPM en forma sistemática, es importante que exista el mantenimiento autónomo y planificado.

El mantenimiento de la calidad se implementa mediante los siguientes pasos:

- a. Identificación del estado actual.
- b. Análisis de las condiciones 4M.
- c. Preparación lista de defectos.
- d. Priorización lista de problemas.
- e. Diagnóstico de los problemas.
- f. Evaluación del efecto de las acciones implantadas.
- g. Implantación de mejoras.

- h. Revisión de las nuevas condiciones 4M.
- i. Consolidación y establecimiento de puntos de inspección.
- j. Creación de matriz de mantenimiento de la calidad.

### **Prevención del Mantenimiento**

Basado en la programación de inspecciones de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, limpieza, lubricación, calibración, análisis, que se debe llevar periódicamente de acuerdo a lo establecido en un plan de mantenimiento.

Con la ejecución del mantenimiento preventivo se logra prever fallas del equipo, manteniendo la infraestructura, equipos e instalaciones en completa operación a los niveles y eficiencia óptima. Las tareas de mantenimiento preventivo se agrupan en: rutina, global, y overhaul.

Las tareas de rutina encierran lo que es limpieza, lubricación, inspección, prueba, ajuste, servicio y reparaciones menores.

Las tareas globales son las que requieren un poco de tiempo y conocimiento para realizar desmantelamientos parciales del equipo, empleo de varias herramientas, reemplazo de piezas, requiere

mayor conocimiento para realizar pruebas de funcionamiento del equipo. Adicionalmente estas tareas deben ser planificadas.

Las tareas de overhaul del equipo requieren necesariamente planificación ya que se debe realizar desmantelamiento total o parcial del equipo, o se puede reconstruir algunas piezas por lo que se recomienda que la máquina esté fuera de la línea de producción por el tiempo necesario para el mantenimiento.

El mantenimiento preventivo ayuda a reconocer las fallas repetitivas, o puntos débiles de instalaciones lo que permite reconocer las causas y proponer mejoras.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son: confiabilidad, disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos, mayor duración de los equipos, disminución de existencia de repuestos en los almacenes y menor costo de reparaciones.

### **Educación y Entrenamiento**

El objetivo de este pilar es aumentar las capacidades y habilidades de los empleados. El entrenamiento constante ayuda a conservar, adquirir, crear, transferir y utilizar el conocimiento en cada equipo ya

sea por los mismos operadores o por asesoría externa en caso de que las circunstancias lo requieran.

La capacitación y entrenamiento hace referencia a la importancia del registro de datos e información, empleo de documentación técnica y uso de técnicas TPM. La importancia de desarrollar en el operador la habilidad de autodesarrollo, diálogo creativo, reflexión metodológica, experimentación en el uso de nuevas tecnologías permite que se genere una cultura de entrenamiento.

### **Áreas Administrativas**

El personal administrativo como compras, planificación, desarrollo y administración son los que intervienen en este pilar, ya que facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso productivo de información.

El objetivo principal es eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia.

## **Medio Ambiente y Seguridad**

Se busca que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces la contaminación en el ambiente de trabajo es producto del mal funcionamiento del equipo, así como los accidentes ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de trabajo. El objetivo es crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación.

Es importante contar con la documentación de mantenimiento, ya que permite tener información sobre los requerimientos de mantenimiento de cada activo, informes de tiempos, historial del comportamiento de la máquina, etc. La información también permite realizar una correcta planificación de los recursos, para luego solicitar las requisiciones de materiales.

Lo que permite que se pueda estimar de costos, realizar informes de paralización de maquinarias, etc.

Adicionalmente se debe contar con procedimientos de mantenimiento, planos y diagramas. Toda la información correctamente almacenada en una base de datos, para controlar las

actividades de mantenimiento como el sobretiempo, costos, presupuesto, programación, pendientes y productividad.

### **2.3.1. Mantenimiento Autónomo** [<sup>19</sup>][<sup>20</sup>]

Se fundamenta en el conocimiento del operador para dominar las condiciones del equipamiento: mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc.

En efecto, los operadores de producción participan en las funciones de mantenimiento diarias y en actividades de mejora que evitan el deterioro acelerado.

La clave del mantenimiento autónomo es desarrollar la capacidad de cada operador para conocer y cuidar su equipo y así diagnosticar y prevenir las fallas eventuales del equipo y de este modo prolongar la vida útil del mismo. El operador es la primera persona en reconocer cualquier varianza en el proceso habitual.

---

<sup>19</sup> Santiago García Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, Ediciones Díaz de Santos, página 31

<sup>20</sup> Luis Cuatrecasas y Francesca Torrell, TPM en un entorno Lean Management.

Con sólo instruir al operador en las tareas de limpieza, lubricación y revisión se puede alcanzar la conservación y mejoramiento del equipo, prevenir rupturas de piezas, contaminación por agentes externos, desplazamientos y disminuir los errores por manipulación.

El operador es un elemento clave para la realización del mantenimiento autónomo, por tanto es fundamental las capacitaciones enfocadas en el conocimiento del equipo, principios elementales de máquinas, física y dinámica de maquinaria, sistemas neumáticos, electricidad, electrónica básica, seguridad en el trabajo, etc.

## **2.4. Herramientas Estadísticas**

### **Análisis del Modo y efecto de fallas [<sup>21</sup>]**

Es una herramienta que relaciona las fallas o defectos de las características del proceso que afectan las salidas del proceso.

Es un procedimiento organizado que permite:

- Reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso y los efectos de dichas fallas.

---

<sup>21</sup> Luis Néstor miranda rivera, Seis sigma/guía para principiantes, Panorama 2006, página 76



- Identificar acciones que podrían eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran fallas potenciales.
- Documentar todo el proceso.

De esta manera la acción puede planearse para reducir o eliminar el riesgo.

## **2.5. Proceso de Fabricación de Baterías para Automóviles**

La batería tiene la función de arrancar el motor mientras que el alternador repone la carga y la mantiene operativa siempre. Es importante mencionar que el alternador es el encargado de suplir corriente a todo el vehículo, mientras el motor está funcionando.

La batería está formada por un determinado número de celdas, unidas por medio de barras metálicas, cada celda acumula algo más de dos voltios. Las baterías para automóviles tienen 6 celdas, que unidas dan un total de 12 voltios.

Cada celda, consta de dos juegos de placas, o electrodos inmersos en una solución de agua y ácido sulfúrico llamado electrolito. Un juego de placas está hecho de peróxido de plomo y otro de plomo poroso.

Al funcionar la celda, el ácido reacciona y convierte la energía química en energía eléctrica. En las placas de peróxido de plomo se genera carga positiva (+) y en las de plomo poroso carga negativa (-). La corriente eléctrica, que se mide en amperios circula por el sistema eléctrico desde un terminal de la batería hasta el otro, activando el electrolito.

Conforme continúa la reacción química, se forma sulfato de plomo en la superficie de ambos juegos de placas, y el ácido sulfúrico se diluye gradualmente. Cuando la superficie de ambos juegos de placas se cubre completamente con el sulfato de plomo, se descarga la batería. Al recargarlo con una corriente eléctrica, las placas vuelven a su estado original, y el ácido sulfúrico se regenera.

Con el tiempo las baterías dejan de funcionar y no se pueden recargar, debido a que las placas están cubiertas, con una capa de sulfato, tan gruesa que la carga no pasa a través de ellas, o bien las placas se desintegran; o hay fugas de corriente entre las placas de la celda, lo que puede provocar un cortocircuito.

La energía eléctrica se almacena y se produce por dos placas metálicas sumergidas en una solución química (electrolito), a mayor superficie de las placas se almacena más energía.

Los separadores porosos no son conductores, y evitan los cortocircuitos, cada grupo forma una celda con un voltaje de 2 voltios aproximadamente.

El voltaje de cada celda es el mismo sin importar su tamaño y el número de placas.

Un motor grande necesita mínimo una batería de 400 amperes para arrancar, y un motor pequeño necesita una de 250 amperes.

Las baterías requieren de un mantenimiento mínimo con el fin de prevenir posibles fallos futuros y prolongar la vida útil de la batería.

Aproximadamente el 90% de las fallas en los vehículos corresponden a deficiencias en el sistema eléctrico, mientras que el 10% a problemas mecánicos relacionados con el motor. Sin embargo, del total de los fallos eléctricos, aproximadamente el 40% corresponde a problemas directamente relacionados con la batería.

**Precauciones:**

No fumar o producir chispa mientras una batería recibe carga, ya que ésta produce gas de hidrógeno altamente explosivo. Usar

protección como camisa de mangas largas, guantes de goma y gafas de protección, ya que el ácido que contiene la batería puede causar quemaduras graves. [<sup>22</sup>].

La fábrica tiene 50 años en el mercado, cuenta con el prestigio de fabricar baterías de plomo y ácido de la mejor calidad del país, actualmente su producción abastece el mercado nacional e internacional a nivel de Latinoamérica.

---

<sup>22</sup>Automecanico.com

# CAPÍTULO 3

## 3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

### 3.1. Información General

La fábrica tiene 50 años en el mercado, cuenta con el prestigio de fabricar baterías de plomo y ácido de la mejor calidad del país,

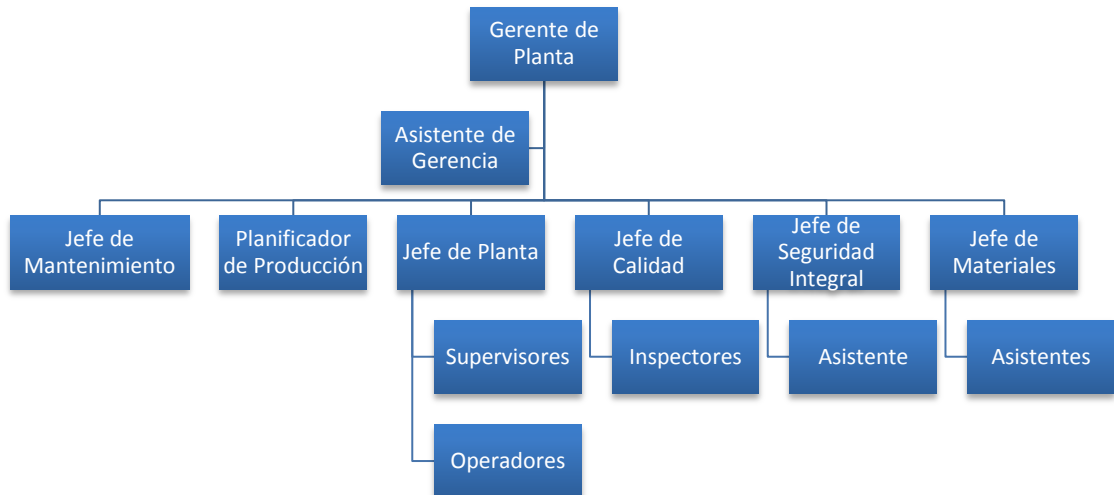
La fábrica cuenta con instalaciones modernas que garantizan un producto de alta calidad y la seguridad de todos sus trabajadores. Alrededor de 160 personas laboran en la fábrica, la cual está ubicada en una zona industrial en las afueras de Guayaquil.

La fábrica industrial se encarga de la elaboración y distribución de baterías para automóviles.

La organización está conformada por cinco jefaturas (Mantenimiento, Planta, Calidad, Seguridad Integral y Materiales)

que reportan directamente a la Gerencia. Los supervisores son el vínculo entre jefes y operadores.

A continuación se muestra la estructura organizacional:



**FIGURA 3.1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA**

### Descripción del proceso



**FIGURA 3.2. PROCESO DE ACUMULADORES ELÉCTRICOS DE PLOMO Y ÁCIDO**

**Fundición**, el proceso se inicia con la fundición del plomo antimonial o de calcio en los crisoles a 500 grados centígrados, obteniendo como resultado rejillas de plomo.

**Molino**, Paralelo al proceso de fundición se realiza la fabricación de óxido usando plomo puro.

**Mezcladora**, tomando el óxido de plomo, ácido sulfúrico y agua desmineralizada como materia prima se prepara la pasta.

**Empastado**, Ingresan las rejillas y se les aplica la pasta para obtener los paneles de plomo.

**Curado**, las placas son colocadas en un cuarto con humedad controlada por 48 horas.

**Sobres**, las placas negativas son colocadas en sobres separadores y se intercalan con las placas positivas (sin sobres) en grupos. El número de placas por grupo determina la capacidad de la batería.

**Soldado**, los grupos de placas son soldados entre sí. Se coloca el grupo en la caja y se realiza el soldado eléctrico interceldas, se comprueba que no existan cortos. Se continúa con el armado, primero se coloca el grupo soldado en la caja y luego se sueldan eléctricamente los grupos y se verifica que estén todos los grupos soldados interconectados, por último se coloca la tapa en el proceso de pegado térmico.

**Carga**, consiste en introducir electrolito con la densidad que especifica la instrucción de trabajo, para transformar la energía eléctrica en energía química, la cual es almacenada y luego



transformada nuevamente en energía eléctrica cuando la batería entra en uso.

**Codificado**, las baterías pasan al área de despacho donde son codificadas y paletizadas.

Los controles de calidad están inmersos en todas las fases del proceso de elaboración de baterías. Consiste en tomar muestras de los productos semielaborados y llevar el registro de cada una de ellas para revisar que se encuentren dentro de los rangos permitidos.

En total existen 51 equipos utilizados dentro del proceso de elaboración de baterías.



**FIGURA 3.3. INVENTARIO DE MÁQUINAS POR PROCESOS**

24 horas al día en 3 turnos de 8 horas. En el turno 2 se concentra la Se trabaja mayor actividad ya que trabajan todas las máquinas y se realizan los despachos nacionales e internacionales.

De acuerdo a lo mencionado se muestra la información en la tabla siguiente:

**TABLA 1**  
**DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO POR**  
**TURNO DE TRABAJO**

<b>Turno</b>	<b>Horario</b>	<b># Personas de Mantenimiento</b>	<b># Máquinas</b>
I	23h00 – 07h00	3	52
II	07h00 – 15h00	12	55
III	15h00 – 23h00	3	34
Administrativo	08h00 – 16h30	2	-

La planta industrial cuenta con un plan de mantenimiento anual que se implementa semanal, quincenal, mensual y/o semestral, dependiendo de las especificaciones técnicas del activo. El área de mantenimiento trabaja semanalmente en conjunto con el área de Producción y Calidad para poner en ejecución el plan de mantenimiento de acuerdo al plan de producción y el tiempo estimado de mantenimiento, sin embargo dichos acuerdos no se ejecutan al 100% en la actualidad, producción no para las máquinas para realizar el mantenimiento y mantenimiento no cumple con el tiempo estipulado para esa tarea. Otra variable que afecta el cumplimiento del plan de mantenimiento es el tiempo invertido en la

reparación de activos y el personal toma como segunda prioridad al mantenimiento preventivo.

Cada día se ejecuta el plan de producción que es proporcionado por la planificación que genera el sistema, cuando una máquina presenta averías, se procede a ejecutar el plan de contingencia que es analizado en ese momento dando resultados eficaces pero no eficientes.

La planta trabaja con materias primas peligrosas y no se pueden aislar totalmente para evitar el contacto directo con el plomo, por otra parte los operadores permanecen expuestos durante las horas de trabajo y en algunas ocasiones no toman las medidas de protección recomendadas por los expertos para prevenir las enfermedades profesionales ocasionadas por plomo.

Existen procedimientos establecidos y guías de trabajo para realizar los mantenimientos pero se evidencia falta de control en la ejecución de los mismos, existe un incremento mensual del 5% en órdenes de mantenimiento correctivo e incremento en las órdenes de compra.

Actualmente el departamento de Calidad toma las medidas necesarias para asegurar la calidad del producto semielaborado o terminado, existen casos puntuales en los que se realizan las mejoras y la evidencia de la reparación queda registrada en mails y no se plasma la solución formalmente en un documento de uso común.

Todo el personal de planta es capacitado constantemente en seguridad, mantenimiento y funcionamiento correcto de las máquinas, sin embargo no existe la constancia en el buen comportamiento del personal, existe falta de supervisión y control en los niveles de jefatura.

Existe aumento en los gastos por repuestos ya que al realizar el mantenimiento, no se analiza toda la máquina en general sino sólo un punto específico, lo que refleja que no se optimiza el tiempo y los recursos en el trabajo realizado.

El inventario de repuestos presenta un nivel elevado de ítems sin rotación dando una suma elevada en la inversión de los mismos, no se cuenta con un stock mínimo para los activos claves, lo que

ocasiona que el tiempo de respuesta por parte de mantenimiento sea alto.

### **3.2. Descripción Área de Montaje**

El Área de Montaje está formada por dos líneas de producción que operan 24 horas. Las máquinas cuentan con un sistema que permite registrar la producción y los paros de las mismas, lo que permite llevar un control estadístico del comportamiento de la producción y de los recursos utilizados.

La materia prima que se utiliza en el Área de Montaje es plomo y tapas, y el producto semielaborado necesario para la elaboración de baterías es grupos armados y cajas serigrafiadas.

### **3.3 Identificación de Equipos Críticos**

En base al proceso de fabricación de baterías, se estable como equipos críticos, a los que al generar cualquier tipo de paro técnico, tienen incidencia directa con la producción planificada del día lo que repercute en atrasos en las entregas. Por otra parte, un paro técnico puede poner en peligro al operador, pues la exposición a la materia prima puede ocasionar accidentes.

Los costos obtenidos durante el primer semestre del 2012 por mantenimientos realizados, se concentran en mayor porcentaje en las áreas de Carga (39%), Montaje (18%) y Mezclado - Empastado (12%), como se muestra en la tabla 3.

Para determinar los equipos críticos en base a los resultados que muestra la tabla 3, se utiliza la “frecuencia de fallos” y las “consecuencias de la aparición de los fallos”<sup>23</sup>. En el apéndice A se adjunta la metodología empleada para el cálculo de equipos críticos.

A continuación se muestra el resultado del cálculo de criticidad:

---

<sup>23</sup> Para el cálculo de criticidad se utiliza las Técnicas de jerarquización de activos - Análisis de criticidad, tomado del libro Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos.

**TABLA 2**  
**RESULTADOS DEL CÁLCULO DE CRITICIDAD**

FRECUENCIA/CONSECUENCIA \ PROCESO	Carga	Montaje	Mezclado / Empastado	Fundición
Frecuencia de fallos	2	4	1	2
Impacto Operacional	3	10	3	3
Flexibilidad Operacional	3	4	3	3
Costos de Mantenimiento	1	2	1	1
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	4	4	1	1
<b>CRITICIDAD TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>184</b>	<b>11</b>	<b>22</b>

**TABLA 3**  
**COSTOS DE MANTENIMIENTO POR ÁREA (ENE – JUN 2012)**

Áreas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total 1° Semestre	Porcentaje
Carga	12.901,86	10.618,87	12.303,96	12.739,45	28.219,32	23.349,64	100.133,10	39%
Montaje	1.767,89	14.369,69	9.032,21	9.338,85	2.130,85	9.049,97	45.689,46	18%
Mezclado-Empastado	1.450,36	9.744,24	290,13	11.099,81	4.893,42	2.283,57	29.761,53	12%
Fundición	2.782,46	1.326,39	1.470,74	2.235,35	5.682,92	7.509,18	21.007,04	8%
Mezclado de Acido	2.754,06	23,72	57,52	5.682,17	10.807,44	1.388,69	20.713,60	8%
Mantenimient	2.672,80	2.407,54	1.077,00	4.316,78	6.030,22	1.702,02	18.206,36	7%
Ensobrado	244,00	690,14	614,62	1.057,19	1.448,48	3.412,33	7.466,76	3%
Serigrafía Perforado		621,64	410,89	453,79	4.442,59	786,44	6.715,35	3%
Laboratorio		1.924,17	922,94	455,85	400,00	-	3.702,96	1%
Fabricación de óxido		1.474,20	-	-	-	-	1.474,20	1%
<b>Total general</b>	<b>24.573,43</b>	<b>43.200,60</b>	<b>26.180,01</b>	<b>47.379,24</b>	<b>64.055,24</b>	<b>64.055,24</b>	<b>254.870,36</b>	

Al revisar las dos tablas anteriores, se puede determinar que los equipos claves se encuentran en Montaje, por tal motivo se toma como área de análisis.

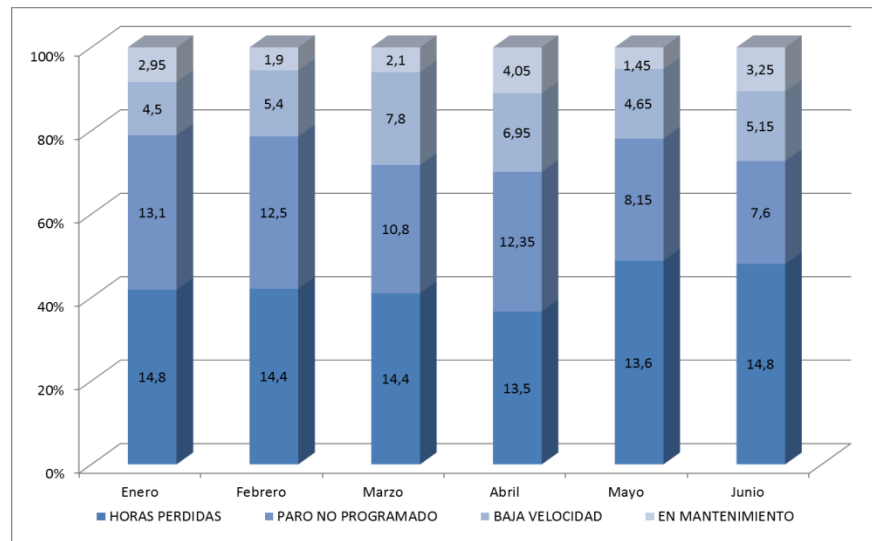


Los equipos MAC – COS I y MAC – COS II que se encuentran en el área de Montaje, realizan la fundición del plomo y el soldado de elementos armados previo a colocarlos en las cajas. La información obtenida demuestra que los mayores problemas son: paros no previstos para producción, tiempos de preparación, baja velocidad y máquina en mantenimiento; existe una lista de motivos que permite al operador clasificar el tipo de paro antes de registrarlo cuando se detiene la línea de producción, en base al histórico se puede obtener que las máquinas trabajan con una productividad del 47%.

### **3.3.1. Problemas Encontrados**

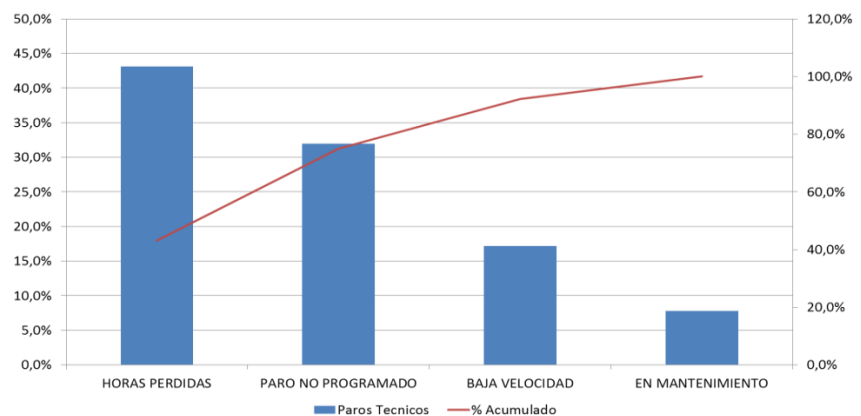
El mayor problema de la empresa es la baja disponibilidad de los equipos, lo que afecta directamente a la producción. Se conversa con los operadores de Montaje y el técnico de mantenimiento para solicitar información sobre las causas que generan este problema.

Con la información obtenida en los meses enero a junio del 2012, se realiza un gráfico de Pareto, utilizando las variables: horas perdidas, paros no programados, baja velocidad y en mantenimiento. A continuación se muestra en la gráfica los resultados obtenidos:



**FIGURA 3.4. PORCENTAJE DE PAROS TÉCNICOS DE MONTAJE (ENERO – JUNIO 2012)**

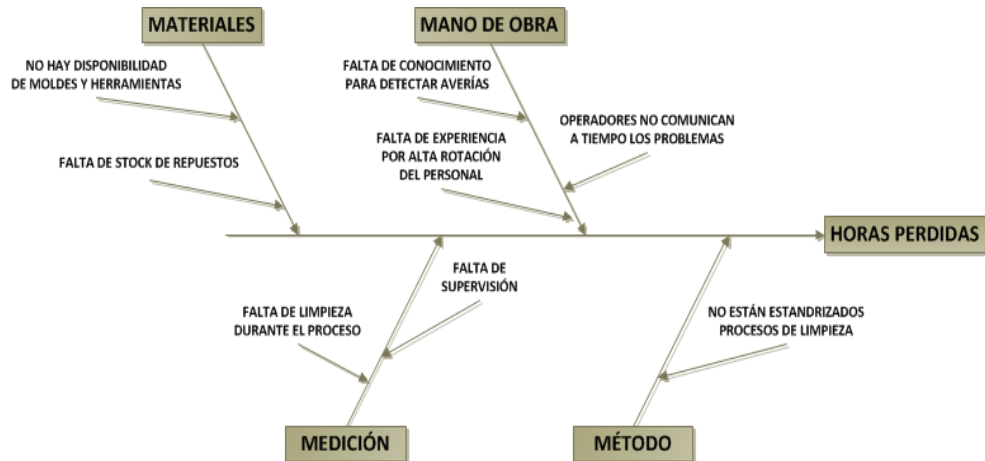
La figura muestra el porcentaje acumulado de cada variable por cada mes. Para profundizar en el análisis del problema se aplica el gráfico de Pareto en las máquinas MAC – COS I y II, que se muestra a continuación:



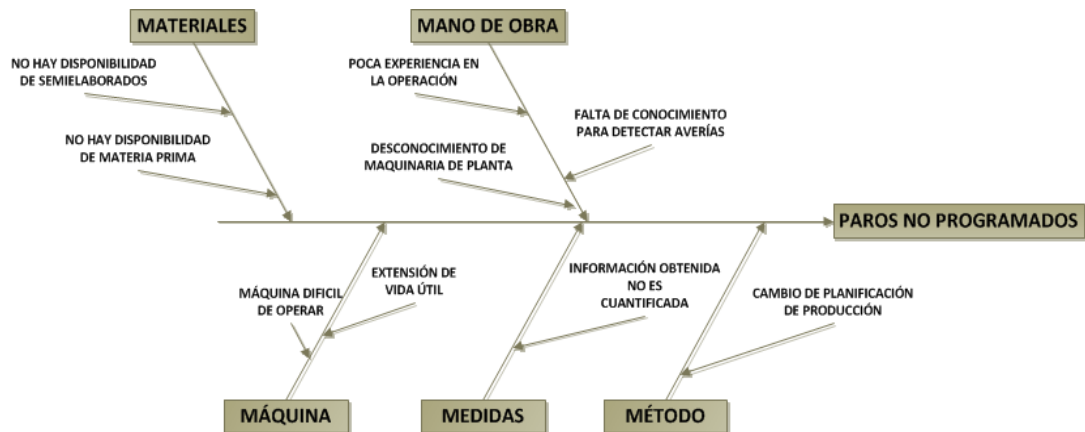
**FIGURA 3.5. PARETO DE PAROS TÉCNICOS EN MONTAJE**

Una vez obtenidos los datos se logra identificar que la mayor cantidad de paros (75.1%) se obtienen por Horas Perdidas y por Paros no Programados.

Para identificar las causas que originan los HORAS PERDIDAS y PAROS NO PROGRAMADOS se realiza un Diagrama de Ishikawa, donde se muestran los siguientes datos:



**FIGURA 3.6. DIAGRAMA DE ISHIKAWA - HORAS PERDIDAS**



**FIGURA 3.7. DIAGRAMA DE ISHIKAWA- PAROS NO PROGRAMADOS**

Para detectar la causa raíz, se utiliza la técnica de los 5 porqués a las causas “No hay disponibilidad de moldes” “No hay disponibilidad de producto semielaborado” y “Falta de conocimiento para detectar averías”, “Falta de supervisión”, “Poca experiencia en la operación”:

#### Causa 1: **No hay disponibilidad de moldes**

1. ¿Por qué no hay disponibilidad de moldes?

Porque el área de Mantenimiento está reparando los moldes.

2. ¿Por qué el área de Mantenimiento está reparando los moldes?

Porque el proveedor no cumple con la fecha de entrega de los moldes.

3. ¿Por qué el proveedor no cumple con la fecha de entrega?

Porque la orden de compra de importación se ha retrasado.

4. ¿Por qué se ha retrasado la orden de compra de importación?

Porque no se ha realizado la planificación de las compras para el cuatrimestre.

5. ¿Por qué no se ha planificado las compras para el cuatrimestre?

Porque se ha dado seguimiento al plan de compras.

## **Causa 2: No hay disponibilidad de producto semielaborado**

1. ¿Por qué se detiene la máquina durante la producción?

Porque no hay producto semielaborado para la producción.

2. ¿Por qué no hay producto semielaborado en stock?

Porque se utilizó todo en la producción.

3. ¿Por qué se utilizó todo el producto semielaborado en la producción?

Porque la orden de producción no se cerró con las cantidades solicitadas.

4. ¿Por qué la orden de producción no se cerró con las cantidades solicitadas?

Porque no se cumple con el plan de producción.

### **Causa3: Falta de supervisión**

1. ¿Por qué existe falta de supervisión?

Porque no se cumple con las rondas de supervisión.

2. ¿Por qué no se cumple con las rondas de supervisión?

Porque no hay registros de constancia para verificación de rondas.

3. ¿Por qué no hay registros de constancia para verificación de rondas?

Porque el departamento de mantenimiento no ha establecido políticas.

4. ¿Por qué el departamento de mantenimiento no ha establecido políticas?

Porque no existe personal capacitado.

### **Causa4: Falta de conocimiento para detectar averías**

1. ¿Por qué el operador no puede detectar averías?

Porque el operador es nuevo y no conoce la máquina.

2. ¿Por qué operador no conoce la máquina?

Porque operador no ha recibido inducción sobre el mantenimiento de la máquina.

3. ¿Por qué el área de mantenimiento no programa la inducción para el operador?

Porque el procedimiento de mantenimiento para la inducción no está actualizado.

4. ¿Por qué el procedimiento de mantenimiento para la inducción no está actualizado?

Porque el área de mantenimiento no recibe educación y entrenamiento constantemente.

#### **Causa 5: Poca experiencia en la operación**

1. ¿Por qué existe poca experiencia en los operadores de Montaje?

Porque los operadores antiguos no capacitan a los operadores nuevos.

2. ¿Por qué los operadores antiguos no capacitan a los operadores nuevos?

Porque los operadores antiguos realizan su trabajo en base a la experiencia y no utilizan los procedimientos.

3. ¿Por qué los operadores antiguos no utilizan los procedimientos?

Porque los procedimientos de Montaje están desactualizados.

4. ¿Por qué están desactualizados los procedimientos de Montaje están desactualizados?

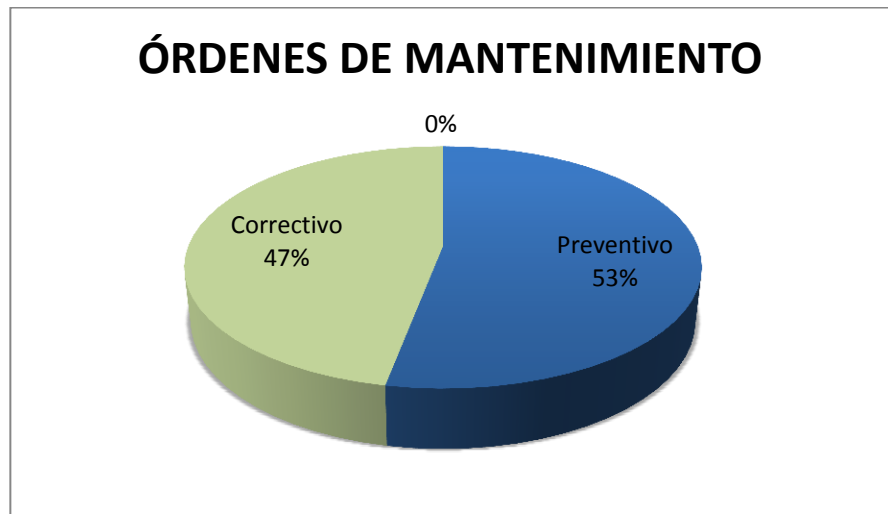
Porque no existe comunicación entre operadores y supervisores.

5. ¿Por qué no existe comunicación entre operadores y supervisores?

Porque no existe un Plan de Mantenimiento Total.

Para complementar el estudio se analiza la información de las órdenes de mantenimiento registradas en el sistema; producto del análisis se obtiene que mantenimiento preventivo representa el 53% de las órdenes de mantenimiento, mantenimiento correctivo el 47%.





**FIGURA 3.8. ÓRDENES DE MANTENIMIENTO**

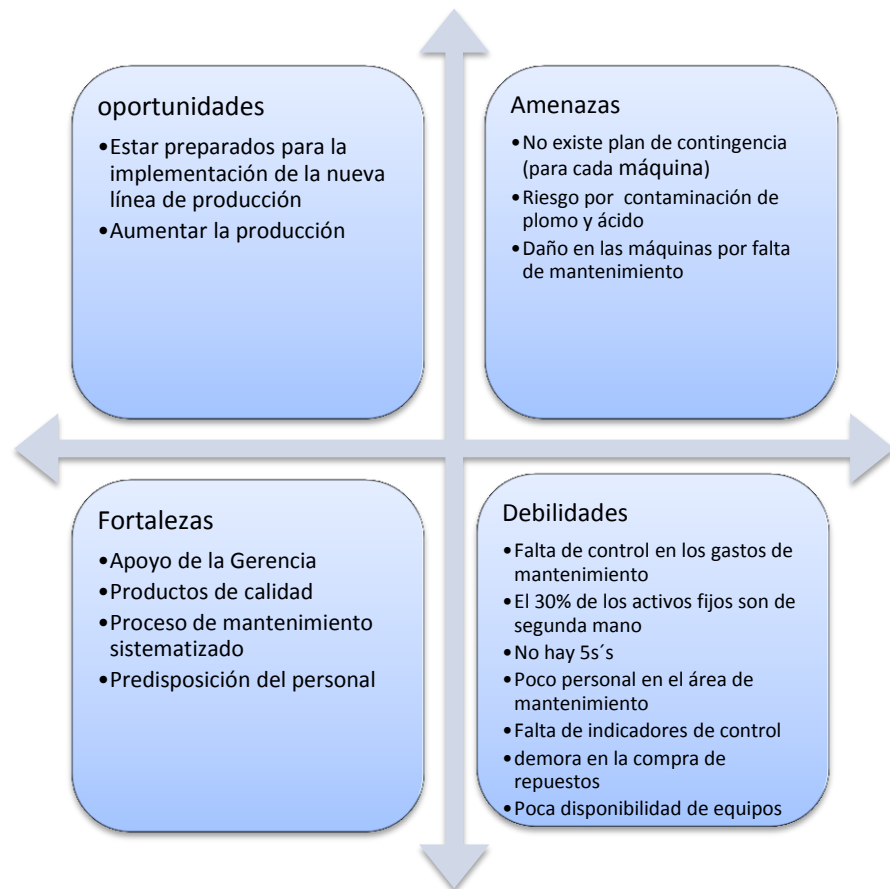
La falta de control en el mantenimiento preventivo ocasiona que se ponga en evidencia que las fallas encontradas sean reparadas improvisadamente.

Como solución para atacar de manera oportuna todos los procesos involucrados, se sugiere la aplicación de un programa de Mantenimiento Productivo Total.

### **3.3.2. Planteamiento de Iniciativas**

Como parte de la Implementación del plan piloto de mantenimiento autónomo en el área de montaje en una

fábrica de baterías para automóviles se debe definir el FODA para luego establecer la misión, visión y objetivos del área.



**FIGURA 3.9. DIAGRAMA ANÁLISIS FODA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

### **Misión del área de mantenimiento**

Garantizar la disponibilidad de los equipos en la planta industrial mediante el uso de procedimientos estandarizados para cumplir con los tiempos estimados de entrega y reducir los gastos por mantenimiento.

**Visión del área de mantenimiento**

Cumplir al 100% con los indicadores de Gestión de Mantenimiento hasta finales del 2014.

**Objetivos del área de mantenimiento**

En base al análisis FODA que presenta la planta industrial en el área de mantenimiento, se define los objetivos estratégicos y específicos, que se detallan a continuación:

## OBJETIVOS DE ESTRATÉGICOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

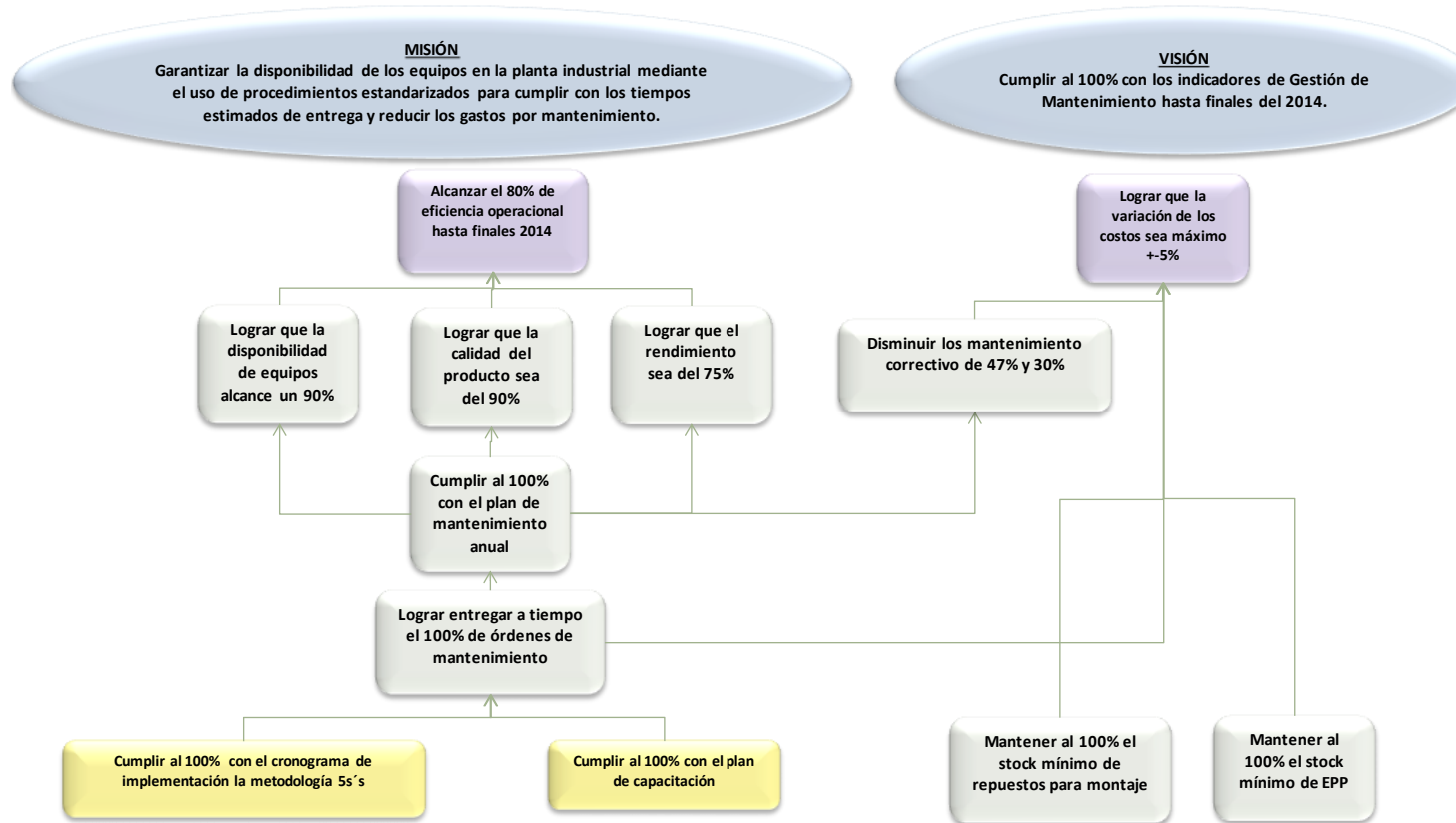


FIGURA 3.10. DESPLIEGUE DE OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

En base a los objetivos planteados en el área de mantenimiento, se debe realizar la priorización de los pilares de mantenimiento para identificar los pilares más importantes y comenzar con desarrollo de cada uno de ellos.

Para desarrollar la matriz se debe considerar la calificación de 0 a 3 siendo 3 la más alta, 1 la más baja y 0 cuando no aplica para priorizar los pilares de acuerdo a los diferentes objetivos definidos.

En la tabla 4 se detalla la matriz de priorización de los pilares.



OBJETIVO/ INICIATIVAS	MEJORA 5'S	MEJORAS ENFOCADAS	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	MANTENIMIENTO PLANIFICADO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	ÁREAS ADMINISTRATIVAS	MANTENIMIENTO CALIDAD	SSO Y MA	EDUCACIÓN Y ENTRENAMIENTO
LOGRAR QUE LA VARIACIÓN DE LOS COSTOS SEA MÁXIMO $\pm$ 5%	3	3	3	3	3	1	1	1	0
MANTENER AL 100% EL STOCK MÍNIMO DE REPUESTOS PARA MONTAJE	1	0	0	0	0	2	3	0	0
MANTENER AL 100% EL STOCK MÍNIMO DE EPP PARA MONTAJE	3	2	2	2	2	2	1	3	3
	31	29	29	29	25	21	23	14	30



El resultado de la matriz muestra que la mayor puntuación lo obtuvo el pilar “5s’s” (31 puntos) seguido “Educación y Entrenamiento” (30 puntos) y con un mismo valor los siguientes pilares “Mejoras Enfocadas”, “Mantenimiento Autónomo” y “Mantenimiento Planificado” (29 puntos cada uno); posteriormente continúa mantenimiento preventivo (25 puntos). El pilar de Mantenimiento de Calidad se va a mencionar muy brevemente en el siguiente capítulo ya que su análisis toma más recursos que no están contemplados en el diseño del proyecto y el pilar SSO&MA tampoco se contempla ya que la empresa lo está contemplando como un proyecto independiente.

# **CAPÍTULO 4**

## **4. IMPLEMENTACIÓN DE PLAN PILOTO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN EL ÁREA DE MONTAJE EN UNA FÁBRICA DE BATERÍAS PARA AUTOMÓVILES**

### **4.1. Cronograma de implementación TPM para el Área de Montaje**

Para el diseño del programa de TPM se debe realizar un plan de implementación, el plan está dividido por etapas de planificación, ejecución y control. Cada etapa va a contener el detalle de actividades con las fechas de ejecución y el presupuesto de inversión tanto por mano de obra y para insumos.

A continuación se muestra el plan de implementación de TPM para el área de Mantenimiento:



Etapas	Actividad	Costo	2012												2013												2014											
			Abril	Mayo	Junio	Julio	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			
Ejecución	Mejoras enfocadas - Definir fichas de indicadores	2070,00																																				
	Mejoras enfocadas - Definir tablero de control																																					
	Mejoras enfocadas - Capacitar sobre fichas de indicadores																																					
	Mejoras enfocadas - Registrar fichas de indicadores																																					
	Mantenimiento autónomo - Definir ficha de equipo clave	5760,00																																				
	Mantenimiento autónomo - Definir procedimiento de montaje																																					
	Mantenimiento autónomo - Definir guía operativa del montaje																																					
	Mantenimiento autónomo - Definir lista de chequeo del montaje																																					
	Mantenimiento autónomo - Mejorar procedimiento operativo																																					
	Mantenimiento autónomo - Socializar procedimiento operativo																																					
	Mantenimiento planificado - Diseñar órdenes de trabajo para mantenimiento	2880,00																																				
	Mantenimiento planificado - Socializar formato para las órdenes de trabajo para mantenimiento																																					
	Mantenimiento planificado - Realizar plan de mantenimiento																																					
	Mantenimiento planificado - Ejecutar plan de mantenimiento																																					
	Mantenimiento preventivo - Analizar operatividad del equipo clave	960,00																																				
	Mantenimiento preventivo - realizar informe sobre operatividad del equipo clave																																					
	Mantenimiento preventivo -Reunión análisis de mejora sobre operatividad del equipo clave																																					
Mantenimiento de la calidad - Realizar informe sobre AMEF	960,00																																					
Educación y entrenamiento - Realizar plan de capacitación	4680,00																																					
Control	Auditorías TPM - Establecer objetivos de la auditoría	180,00																																				
	Auditorías TPM - Realizar formatos para la auditoría																																					
	Auditorías TPM - Realizar plan de auditoría																																					
	Auditorías TPM - Socializar resultados de la auditoría																																					

\$ 54.312,00

Se trabaja con un plan piloto de implementación TPM en el área de montaje, donde se detallan las actividades, fechas de ejecución y costos:

**TABLA 6**  
**PLAN PILOTO DE IMPLEMENTACIÓN TPM PARA EL ÁREA DE MONTAJE**

Etapa	Actividad	Fecha	Costo	Costo Insumos
PLANIFICACIÓN	realizar diagnóstico	may-12	\$ 640,00	
	Elaborar plan de implementación	jun-12	\$ 80,00	
	Formar del equipo de trabajo	jun-12	\$ 36,00	
	Realizar taller de introducción a la Herramienta TPM	jun-12	\$ 64,00	\$ 20,00
	Realizar taller de introducción a la metodología 5s's	jun-12	\$ 64,00	\$ 20,00
EJECUCIÓN	SEIRI - Implementación	jun-12	\$ 1.920,00	\$ 400,00
	SEITON - Implementación	ago-12	\$ 1.920,00	\$ 150,00
	SEISO - Implementación	oct-12	\$ 1.920,00	\$ 500,00
	SEIKETSU - Implementación	dic-12	\$ 1.920,00	\$ 500,00
	SHITSUKE - Implementación	ene-12	\$ 1.920,00	\$ 200,00
	Mejoras enfocadas - Implementación	jun-12	\$ 1.920,00	\$ 150,00
	Mantenimiento autónomo - Implementación	nov-12	\$ 1.920,00	
	Mantenimiento planificado - Implementación	nov-12	\$ 960,00	
	Mantenimiento preventivo - Implementación	ene-13	\$ 320,00	
	Mantenimiento de la calidad - Implementación	sep-12	\$ 320,00	
	Educación y entrenamiento - Implementación	ago-12	\$ 960,00	\$ 600,00
CONTROL	Auditorías TPM - Implementación	ene-13	\$ 32,00	\$ 25,00
<b>TOTAL</b>			\$ 16.916,00	\$ 2.565,00
			\$	<b>19.538,00</b>

#### 4.2. Programa de 5's para el Personal del Área de Montaje

Como punto de partida para el programa de TPM se debe planificar el programa de implementación de 5s's en la planta industrial

iniciando en el área de Montaje para luego replicarlo en las otras áreas de la empresa. Se considera que la metodología 5s's es una tarea constante que forma parte de la rutina de todos los trabajadores.

Como primer paso se establece la creación del comité que involucra todas las áreas claves de la empresa como son producción, mantenimiento, planificación, administración, seguridad industrial, y control interno, con el fin de crear un compromiso con los directivos de la organización.

### **Primera etapa - Seiri (clasificar)**

Con el objetivo de utilizar eficientemente todo el espacio físico del área de Montaje, de reducir el inventario y eliminar los incidentes, se inicia la etapa de Clasificación (Seiri) con el uso de las tarjetas rojas, en donde se identifica y se ejecuta un plan de acción para cada ítem innecesario.



**FIGURA 4.1. CLASIFICAR ELEMENTOS INNECESARIOS EN EL ÁREA**

Una vez identificada el área de trabajo se realizan los siguientes pasos que se detallan a continuación:

**a. Lista de actividades previas**

Es importante realizar una lista de actividades previas para la ejecución, con el fin de optimizar el tiempo invertido por cada miembro del equipo. Es por esta razón que se hace uso del siguiente formato para considerar todos los detalles desde el primer día de la práctica.

TABLA 7

## LISTA DE ACTIVIDADES PARA EJECUCIÓN DE PRIMERA ETAPA - SEIRI

Lista de actividades para la Ejecución de la 1ra S - Seiri				
No	Actividad	Ejecutada S/N	Responsable	Observación
1	Formación del comité 5S's	si	Jefe de Seguridad Industrial	Reunión realizada en base a lo programado
2	Elaboración de formatos de identificación	si	Analista de Procesos	Aprobado y difundido
3	Elaboración de tarjetas rojas	si	Analista de Procesos	Aprobado y difundido
4	Mapa de la Planta actualizado	si	Jefe de Producción	Actualizado y aprobado
5	Listado del personal involucrado	si	Asistente de Seguridad Industrial	Ninguna
6	Equipo de seguridad disponibles (cantidad)	si	Asistente de Seguridad Industrial	Ninguna
7	Material de limpieza disponible (cantidad)	si	Asistente de Seguridad Industrial	Ninguna
8	Registro de situación actual (fotos)	si	Asistente de Seguridad Industrial	Ninguna

**b. Uso de Tarjetas Rojas**

Identificar los elementos innecesarios en el área de Montaje, con el uso de las tarjetas rojas.

Los elementos considerados innecesarios deben ser identificados con la tarjeta roja donde se registra la ubicación, cantidad, observación y tiempo límite de eliminación/reubicación.



Tarjeta Roja	
<b>Nombre del Artículo</b>	MAC I
Área: <u>Montaje</u>	Código: <u>MAC-I-001</u>
Fecha: <u>13/06/2012</u>	Localización: <u>Planta</u>
<b>Categoría</b>	Inventario en Proceso
1. Maquinaria	6. Producto terminado
2. Herramientas	7. Equipo de oficina
3. Instrumentos de medición	8. Documentación
4. Materia prima	9. Material de limpieza
5. Inventario en proceso	10. Otros
Cantidad: <input type="text" value="10"/>	Unidad de medida <input type="text" value="pallet"/>
<b>Razón</b>	Innecesario
1. Innecesario	3. Obsoleto
2. Defectuoso	4. Desecho
5. Otro	
<b>Forma de desecho</b>	Mover a otra área
1. Tirar	4. Mover a área de tarjetas rojas
2. Vender	5. Mover a otra área
3. Otros	
<b>Realizado por:</b> Supervisor	<b>Área:</b> Producción

**FIGURA 4.2.TARJETA ROJA**

La tarjeta roja está compuesta por cuatro secciones de registro, el responsable de la ejecución debe llenar toda la tarjeta a excepción de la “forma de desecho” ya que el Jefe del área evaluada debe autorizar el traslado o desecho del ítem identificado.

A continuación se detalla cada sección de la tarjeta roja que los usuarios deben registrar:

**TABLA 8**  
**SECCIONES DE LA TARJETA ROJA**

<b>Nombre del Artículo</b>	Se registra información del equipo (nombre, código, ubicación) fecha de revisión.
<b>Categoría</b>	Se registra el número de la categoría del ítem encontrado, cantidad y unidad de medida.
<b>Razón</b>	se registra la razón de inconformidad del ítem encontrado.
<b>Forma de desecho</b>	Se registra la forma de desecho del ítem encontrado.

**c. Seguimiento de Tarjetas Rojas**

Se debe realizar un plan de acción para el destino de los elementos innecesarios identificados con las etiquetas rojas. Cada actividad debe ser controlada por el Jefe del área de Montaje, y al final de cada mes se debe verificar el campo de ejecución para garantizar el avance en la implementación.

**TABLA 9**  
**LISTA DE SEGUIMIENTO DE TARJETAS ROJAS**

Formato de seguimiento a las tarjetas rojas										
Área	Nombre del Artículo	Categoría	Razón	Forma de desecho	Fecha Tarjeta Roja	Responsable Tarjeta Roja	Observaciones	Fecha límite	Responsable de desecho/reubicación	Ejecutada S/N
Producción	MAC I	Inventario en Proceso	Innecesario	Mover a otra área	28/06/2012	Supervisor	Sólo un palet de inventario en proceso	27/07/2012	Supervisor	si
Producción	MAC I	Herramientas	Innecesario	Otro	28/06/2012	Operador	Colocar en caja de Herramientas	27/07/2012	Operador	si
Producción	MAC I	Instrumentos de medición	Innecesario	Otro	28/06/2012	Operador	Colocar en armario	27/07/2012	Operador	si
Producción	MAC II	Instrumentos de medición	Innecesario	Otro	28/06/2012	Operador	Colocar en armario	27/07/2012	Operador	si

Para el caso de eliminación de desechos tóxicos se debe considerar los lineamientos que exige la norma de medio ambiente.

### **Segunda Etapa - Seiton (ordenar)**

Una vez que el área de trabajo se encuentra con todos los elementos necesarios para la fabricación de productos semielaborados y/o terminados, es importante colocarlos estratégicamente cerca del operador, de acuerdo a la frecuencia de uso de cada uno de ellos. Básicamente se tienen dos tipos de elementos, las herramientas y los implementos de limpieza.



**FIGURA 4.3. ORDENAR EL ÁREA**

Los criterios utilizados para la ubicación de cada elemento dentro del área de trabajo son seguridad, calidad y eficacia.

<b>Seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar caída de elementos.</li> <li>• Utilizar protección en herramientas cortopunzantes.</li> </ul>
<b>Calidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar herramientas que no se oxiden.</li> <li>• Evitar golpes entre herramientas.</li> </ul>
<b>Eficacia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar tiempo perdido.</li> </ul>

**FIGURA 4.4. CRITERIOS PARA LA UBICACIÓN DE ITEMS EN ÁREAS DE TRABAJO**

Asignar un espacio físico para cada uno de los elementos en el área de trabajo de acuerdo a la frecuencia de uso, se debe reforzar la ubicación de los ítems mediante ayudas visuales para controlar que el operador regrese el elemento al lugar donde pertenece.

Adicional al control visual también se debe llevar un inventario de los elementos de cada área de trabajo, que permita realizar verificaciones frecuentes.

**TABLA 10**  
**REGISTRO DE ARTÍCULOS POR ÁREA**

Formato de registro de artículos por área					
Área: <u>Montaje</u>			Responsable: <u>Operador</u>		
			Fecha: <u>02/08/2012</u>		
No	Código	Nombre del Artículo	Categoría	Cantidad	Costo
1	MAC-I-001	MAC I	Inventario en Proceso	10 Pallets	\$ 1.500,00
2	MAC-I-001	MAC I	Herramientas	5	\$ 120,00
3	MAC-II-002	MAC I	Instrumentos de medición	1	\$ 280,00
4	MAC-II-002	MAC II	Instrumentos de medición	1	\$ 150,00

### **Tercera Etapa - Seiso (limpiar)**

Fomentar el trabajo en equipo es parte fundamental, lo cual va a permitir que la tarea de limpiar sea una práctica constante y permanente. Los esfuerzos realizados deben lograr disminuir los incidentes de trabajo, reducir el nivel de enfermedades por contacto con el plomo o con ácido, aumentan el tiempo de vida útil de las máquinas y mejoran en forma general la planta industrial.



**FIGURA 4.5.LIMPIAR EL ÁREA**

Para la ejecución de la tercera S se diseña un plan de limpieza para cada área de trabajo especificando el tipo de limpieza. Las actividades de limpieza de las máquinas se consideran en el plan diario de mantenimiento y en el chequeo de equipos que se detalla más adelante en el presente documento.

**TABLA 11**

**PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE LIMPIEZA**

Formato para la planificación de limpieza																		
fecha:		22/10/2012																
Área	Responsable	Tipo de Limpieza	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mantenimiento	Mecánico	Maquinaria																
Producción	Operador	Superficies																
Producción	Operador	Área para no conformes																

En el campo tipo de limpieza se describe si la limpieza es de superficies, equipos, instalación eléctrica, focos de suciedad, etc.

El uso de este formato permite que el responsable planifique los recursos de materiales y de mano de obra para la ejecución de cada actividad.

**TABLA 12**  
**PLANIFICACIÓN DE RECURSOS DE LIMPIEZA**

Lista de recursos para limpieza		
<b>Área:</b> <u>Montaje</u>		<b>Responsable:</b> <u>Operador</u>
<b>Tipo de Limpieza:</b> <u>Superficies</u>		<b>Fecha:</b> <u>19/10/2012</u>

No	Materiales	Cantidad
1	Escobas	1
2	Brochas	1
3	Aspiradora industrial	1
4	caja de Herramientas	1
<b>Total</b>		<b>4</b>

No	Actividades	Tiempo (minutos)
1	Limpieza del piso	10
2	Limpieza superficie de la máquina	5
<b>Total</b>		<b>15</b>

#### **Cuarta Etapa - Seiketsu (estandarizar)**

En esta etapa el factor fundamental para mantener el sistema implementado es la capacitación constante a todo el personal.

**TABLA 13**  
**GUÍA DE SEGUIMIENTO 5s's**

Guía de seguimiento 5s's			
Etapa	Puntos a revisar	SI/NO	Observación
<b>Clasificación</b>	Existen ítems innecesarios	SI	
	Los ítems necesarios están correctamente ubicados?	NO	Seguir instrucción de supervisor
	Existe señalización en áreas de trabajo y corredores?	SI	
	Los ítems innecesarios están señalizados con las tarjetas rojas?	NO	En proceso de identificación
	Existe un procedimiento para administrar los ítems innecesarios?	SI	
<b>Ordenar</b>	Los ítems necesarios están correctamente ubicados?	SI	
	Se cumple con las buenas prácticas de manufactura?	SI	
	Se reconoce fácilmente los ítems necesarios	SI	
	Se colocan los ítems necesarios en su lugar luego de utilizarlos?	SI	
<b>Limpiar</b>	Las superficies están limpias?	SI	
	El equipo se encuentra limpio y en buenas condiciones?	SI	
	Se utiliza detergentes apropiados?	SI	
	Se cumplen las medidas de limpieza?	NO	Falta de supervisión
	Existe comunicados sobre los horarios de limpieza?	NO	Falta de gestión de mandos medios
	Existe disponibilidad de materiales de limpieza	SI	
<b>Estandarizar</b>	Existe comunicados sobre las 5s's?	NO	En proceso de implementación
	El personal cumple con lo establecido por las 5s's?	SI	
	Los comunicados de limpieza son proporcionados con anticipación?	SI	

Con las tres primeras s's implementadas la organización debe concentrar sus esfuerzos en la estandarización, realizando un plan de limpieza donde se asignen responsables para cada actividad y se establezca la frecuencia de las mismas.



**TABLA 14**  
**HORARIOS DE LIMPIEZA**

Horario de limpieza								
								Semana: <u>      </u> 49
Área	turno	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Montaje	I	F. DIAZ	M. ORTIZ	F. DIAZ	M. ORTIZ	O. PINO	F. DIAZ	M. ORTIZ
Montaje	II	F. MENA	D. ALBAN	F. MENA	D. ALBAN	F. MENA	D. ALBAN	F. MENA
Montaje	III	E. ESTEVES	O. PINO	O. PINO	E. ESTEVES	E. ESTEVES	E. ESTEVES	O. PINO

### **Quinta Etapa - Shitsuke (Disciplina)**

La base de esta etapa es establecer procedimientos rutinarios que se cumplan proactivamente y comunicar el progreso de la empresa para motivar al personal sobre las buenas prácticas implementadas.

La importancia de ésta etapa son los controles y seguimientos establecidos para la implementación de las primeras 4s's, las ayudas visuales permiten reconocer fácilmente la ubicación de los elementos necesarios en el lugar de trabajo.

Para el seguimiento de las 5s's se debe publicar las fotos del antes y después, así como también se debe publicar semanalmente los avances obtenidos. Se debe organizar un plan de rutinas diarias en

un tiempo determinado como 5 o 10 minutos para incentivar el trabajo en equipo.







### **4.3. Pilares TPM**

#### **4.3.1. Mejoras Enfocadas**

El departamento de mantenimiento en base a la misión y visión propuesta, debe establecer objetivos que deben ser cumplidos mediante la ejecución de indicadores. En la tabla siguiente se muestra los indicadores definidos a cada objetivo, incluida la métrica, responsables y criterios de decisión:

**TABLA 15**

**INDICADORES DE GESTIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

Objetivo	Indicador Clave	Métrica	Responsables	Fuente	Frecuencia	Criterio
Alcanzar el 80% de eficiencia operacional hasta finales del 2014	Eficiencia Operacional - OEE	Disponibilidad x Calidad x Rendimiento	Mantenimiento y Producción	Reportes de ordenes de Trabajo	Mensual	<b>Excepcional:</b> >95% <b>Acceptable:</b> 70% - 95% <b>Inacceptable:</b> <70% 
Lograr que la disponibilidad de equipos alcance un 90%.	Disponibilidad de máquina	[Tiempo de producción) /( Tiempo de producción+ Tiempo de parada)] x 100	Mantenimiento y Producción	Reportes de ordenes de Trabajo	Mensual	<b>Excepcional:</b> >95% <b>Acceptable:</b> 70% - 95% <b>Inacceptable:</b> <70% 
Lograr que la calidad del producto sea del 90%	Calidad del producto	[1- (Producto Defectuoso)/(Total de Productos)] x 100	Mantenimiento y Producción	Reportes de ordenes de Trabajo	Mensual	<b>Excepcional:</b> >95% <b>Acceptable:</b> 70% - 95% <b>Inacceptable:</b> <70% 
Lograr que el rendimiento de la Planta sea del 75%	Rendimiento del montaje	(Producción Real)/(Producción Estándar) x 100	Mantenimiento y Producción	Reportes de ordenes de Trabajo	Mensual	<b>Excepcional:</b> >95% <b>Acceptable:</b> 70% - 95% <b>Inacceptable:</b> <70% 
Disminuir los mantenimientos correctivos de 47% a 30%	Mantenimiento Correctivo	(mantenimiento correctivo/total de mantenimiento)*100	Mantenimiento	Reportes de ordenes de Trabajo	Mensual	<b>Excepcional:</b> <20% <b>Acceptable:</b> 25% - 30% <b>Inacceptable:</b> >30% 
Cumplir al 100% con el plan de mantenimiento anual	Mantenimiento Anual	(mantenimiento planificado/real)*100	Mantenimiento y Producción	Reportes de ordenes de Trabajo	Mensual	<b>Excepcional:</b> >95% <b>Acceptable:</b> 70% - 95% <b>Inacceptable:</b> <70% 

Lograr entregar a tiempo el 100% de órdenes de mantenimiento	Cumplimiento de órdenes de mantenimiento	(# órdenes de mantenimiento entregadas a tiempo / total órdenes de mantenimiento) *100	Mantenimiento y Producción	Reportes de ordenes de Trabajo	Mensual	<b>Excepcional:</b> >95% <b>Aceptable:</b> 70% - 95% <b>Inaceptable:</b> <70% 
Objetivo	Indicador	Métrica	Responsables	Fuente	Frecuencia	Criterio
Cumplir al 100% el cronograma de implementación de la metodología 5s`S	Porcentaje de implementación	Auditoría de cumplimiento de cada S de la metodología	Mantenimiento y Producción	Reportes de Auditorías de 5s`S	Mensual	<b>Excepcional:</b> >90% <b>Aceptable:</b> 60% – 90% <b>Inaceptable:</b> < 60% 
Cumplir al 100% con el plan de capacitación	Porcentaje de personal Capacitado	(No de Personas capacitadas/Total de personas planificada) x 100	Recursos Humanos	Reportes de Asistencias a Capacitaciones	Mensual	<b>Excepcional:</b> >95% <b>Aceptable:</b> 70% - 95% <b>Inaceptable:</b> <70% 
Lograr que la variación de los costos sea máximo ± 5%	Costos operativos	[(Costos reales - Costos presupuestados)/Costos presupuestados]*100	Mantenimiento	Reportes de ordenes de Trabajo	Mensual	<b>Excepcional:</b> <5% <b>Aceptable:</b> 5% - 30% <b>Inaceptable:</b> >30% 
Mantener al 100% el stock mínimo de repuestos para montaje	stock de repuestos para montaje	(Auditorías de stock de repuestos realizadas / Auditorías de stock de repuestos planificadas) * 100	Mantenimiento y Producción	Kardex	Mensual	<b>Excepcional:</b> >95% <b>Aceptable:</b> 70% - 95% <b>Inaceptable:</b> <70% 
Mantener al 100% el stock mínimo de EPP para montaje	stock EPP	(Auditorías de stock de EPP realizadas / Auditorías de stock de EPP planificadas) * 100	Producción y Seguridad	Kardex	Mensual	<b>Excepcional:</b> >95% <b>Aceptable:</b> 70% - 95% <b>Inaceptable:</b> <70% 










## **Fichas de indicadores**

Las fichas de indicadores son formatos colocados en el área de implementación, en este caso, Mantenimiento y Producción. La información contenida en este formato se divide en dos secciones:

### **1. Información General:**

Contiene: nombre del indicador, objetivo asociado, métrica, responsable, fuente de captura, la frecuencia de la medición, nivel esperado, unidad de medida y el semáforo (criterio de aceptación del resultado obtenido).

Esta sección ayuda a recordar al operador si el valor obtenido está dentro de los rangos permitidos, e informar a los superiores cualquier tipo de desviación medida de acuerdo a la frecuencia establecida. A continuación se muestra un ejemplo de las fichas para los indicadores:

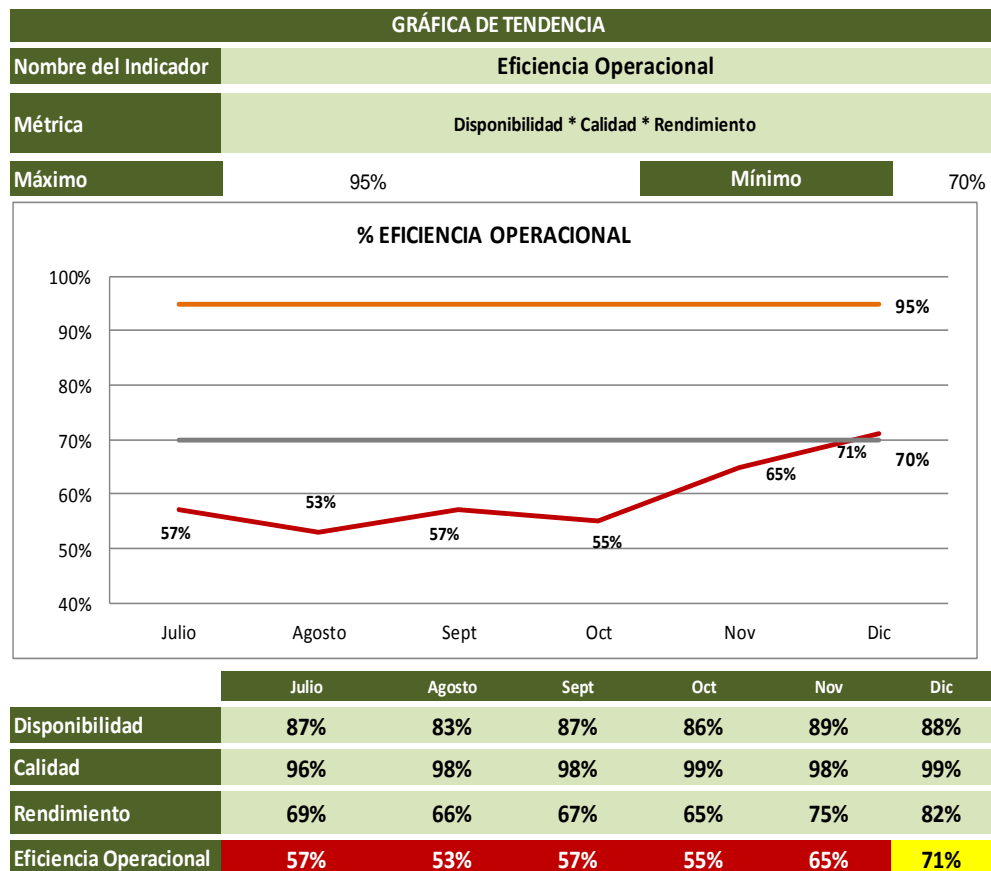
FICHA DEL INDICADOR 2							
Nombre del Indicador:	% mantenimiento correctivo						
Objetivo:	Disminuir en 5% el mantenimiento correctivo						
Métrica:	$(\text{mantenimiento correctivo}/\text{total de mantenimiento}) * 100$						
Responsable:	Departamento de Mantenimiento						
Fuente de Captura:	Reportes de Órdenes de Trabajo						
Frecuencia de Medición:	Semanal						
Nivel Esperado:	5						
Unidad:	%						
Semáforo	<table border="1"> <tr> <td>Excepcional: &lt;5%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aceptable: 5% - 30%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inaceptable: &gt; 30%</td> <td></td> </tr> </table>	Excepcional: <5%		Aceptable: 5% - 30%		Inaceptable: > 30%	
Excepcional: <5%							
Aceptable: 5% - 30%							
Inaceptable: > 30%							

**FIGURA 4.6. INFORMACIÓN GENERAL DE FICHA DEL INDICADOR**

## 2. Información Específica:

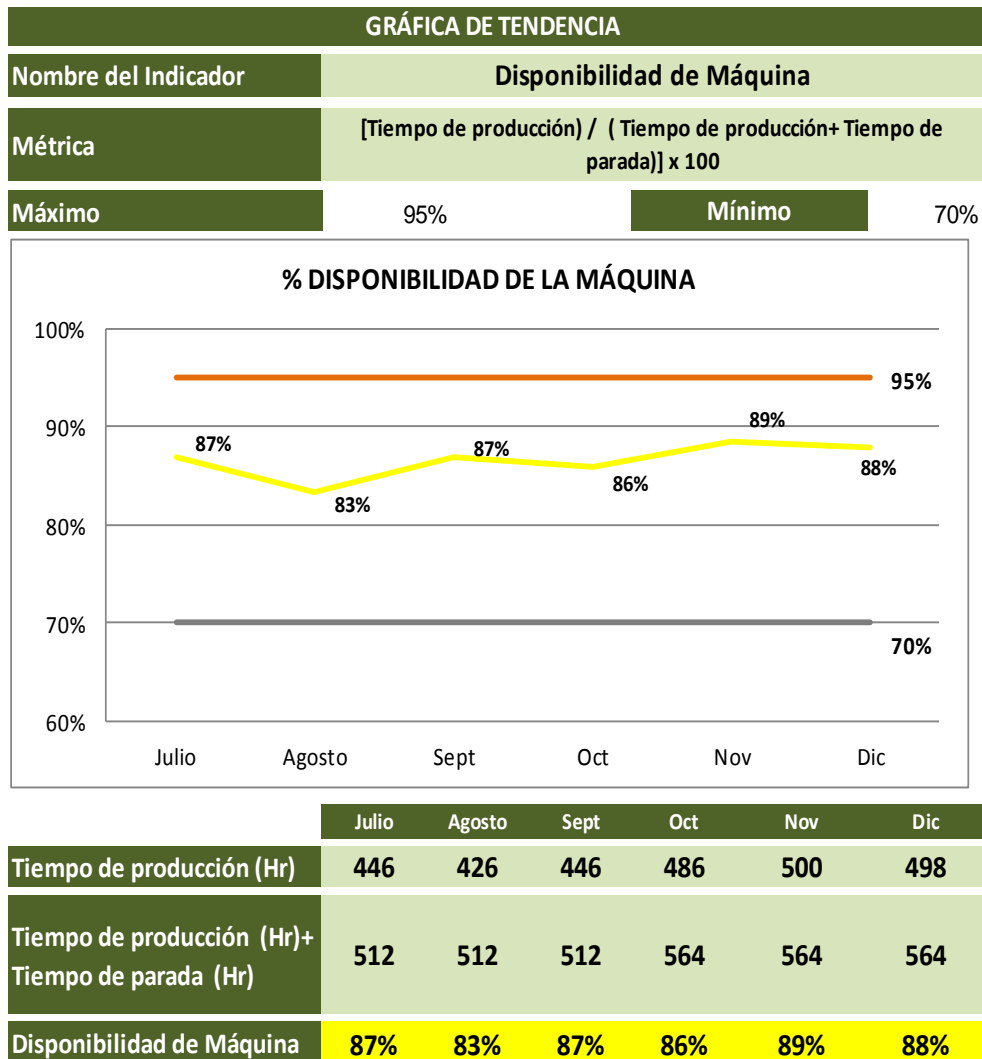
Esta sección es el resultado de la medición realizada acorde a la frecuencia indicada en la información general.

Se realiza un plan piloto en el área de Montaje donde se toman datos de los meses de julio a diciembre del 2012. A continuación se presentan las fichas para cada indicador que fue definido previamente en el capítulo 4.



**FIGURA 4.7. EFICIENCIA OPERACIONAL**

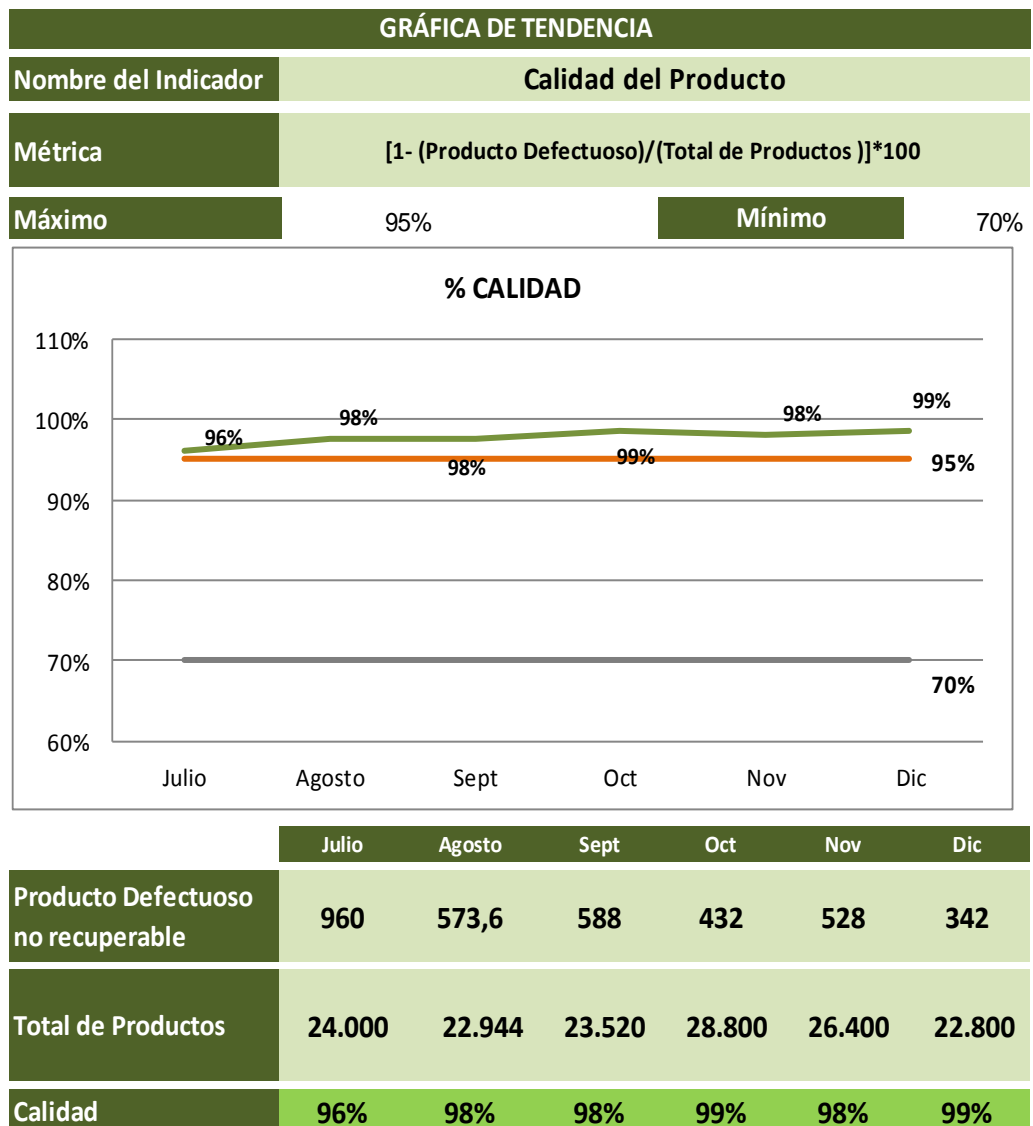
Se puede evidenciar que los resultados no se encuentran dentro del rango establecido en los objetivos de TPM debido a la falta de gestión del departamento de mantenimiento, ya que no se cumple con el mantenimiento planificado, lo que ocasiona paradas en las máquinas. Sin embargo se ve una mejora en el mes de diciembre, lo que indica que en el próximo semestre, con una buena implementación de TPM, se logra alcanzar 80% de la eficiencia operacional.



**FIGURA 4.8. DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA**

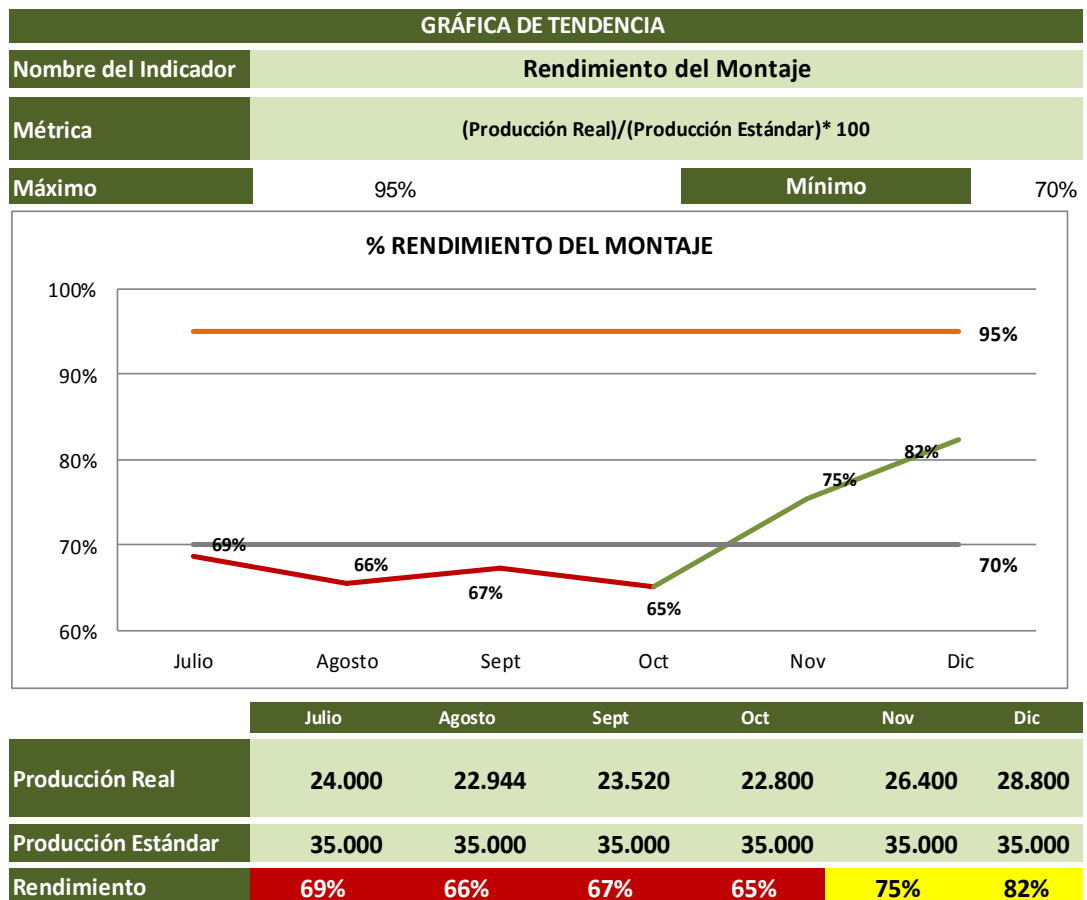
Se puede ver que la disponibilidad del equipo en el mes de agosto decrece porque existen mantenimientos correctivos lo cual provoca la incapacidad de la máquina. Si no se mantiene la tendencia o se sobrepasa el 95% en los meses de mayor producción se puede presentar atrasos en la planificación de la producción (Jul - Dic).





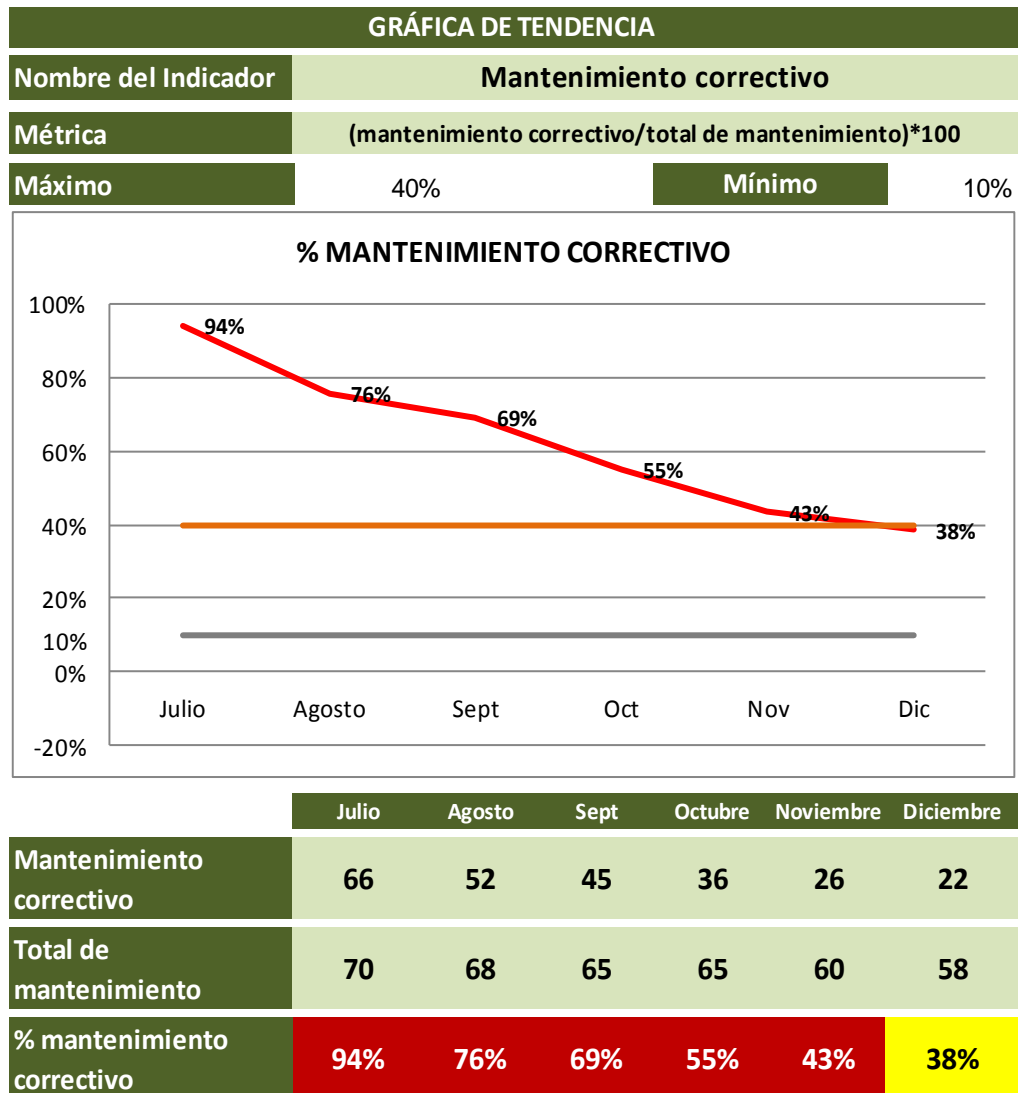
**FIGURA 4.9. CALIDAD DE PRODUCTO**

El producto defectuoso no recuperable se produce cuando el elemento armado no está correctamente soldado y presenta fugas en el momento de ser selladas térmicamente.



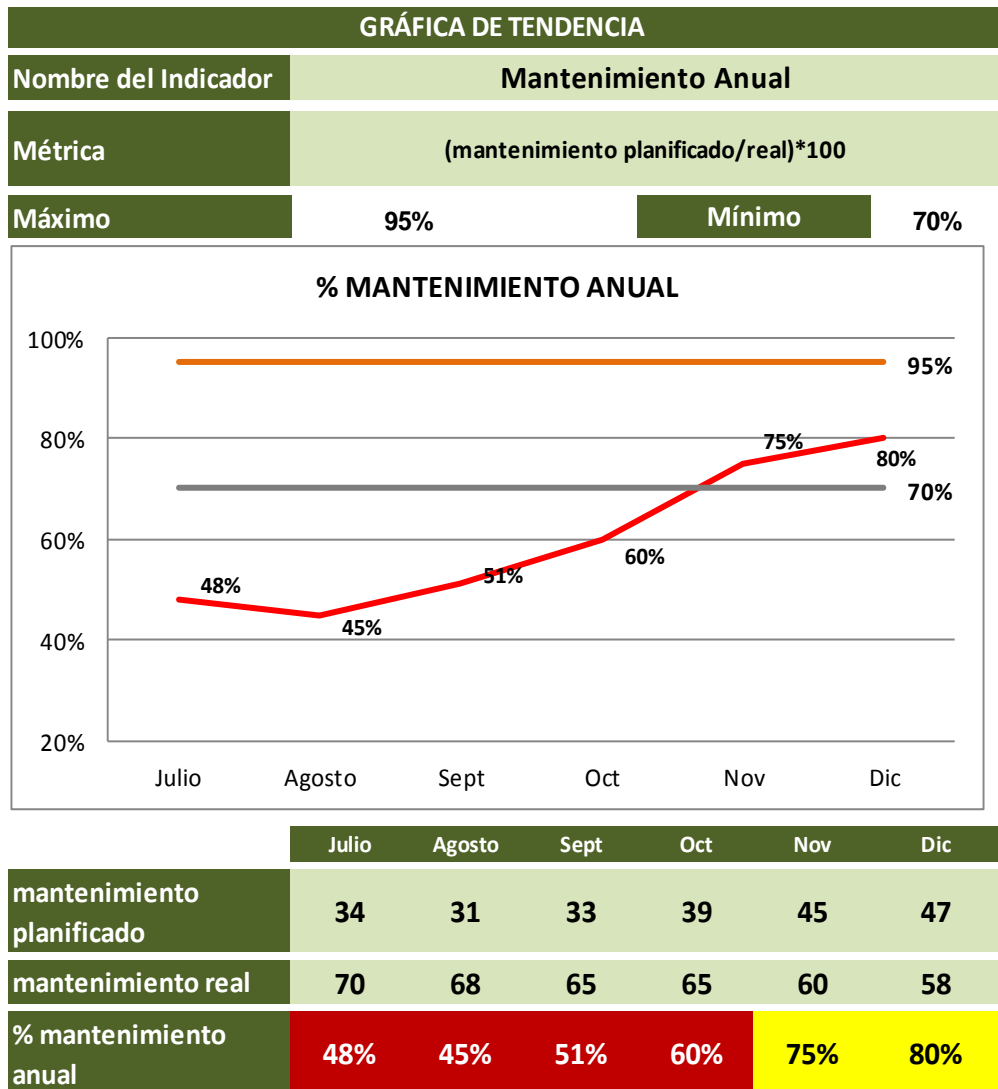
**FIGURA 4.10. RENDIMIENTO DEL MONTAJE**

Debido a que el tiempo de producción es destinado a las órdenes de mantenimiento correctivo se nota un bajo rendimiento. Sin embargo en el mes de noviembre y diciembre se puede observar mejora en los resultados.



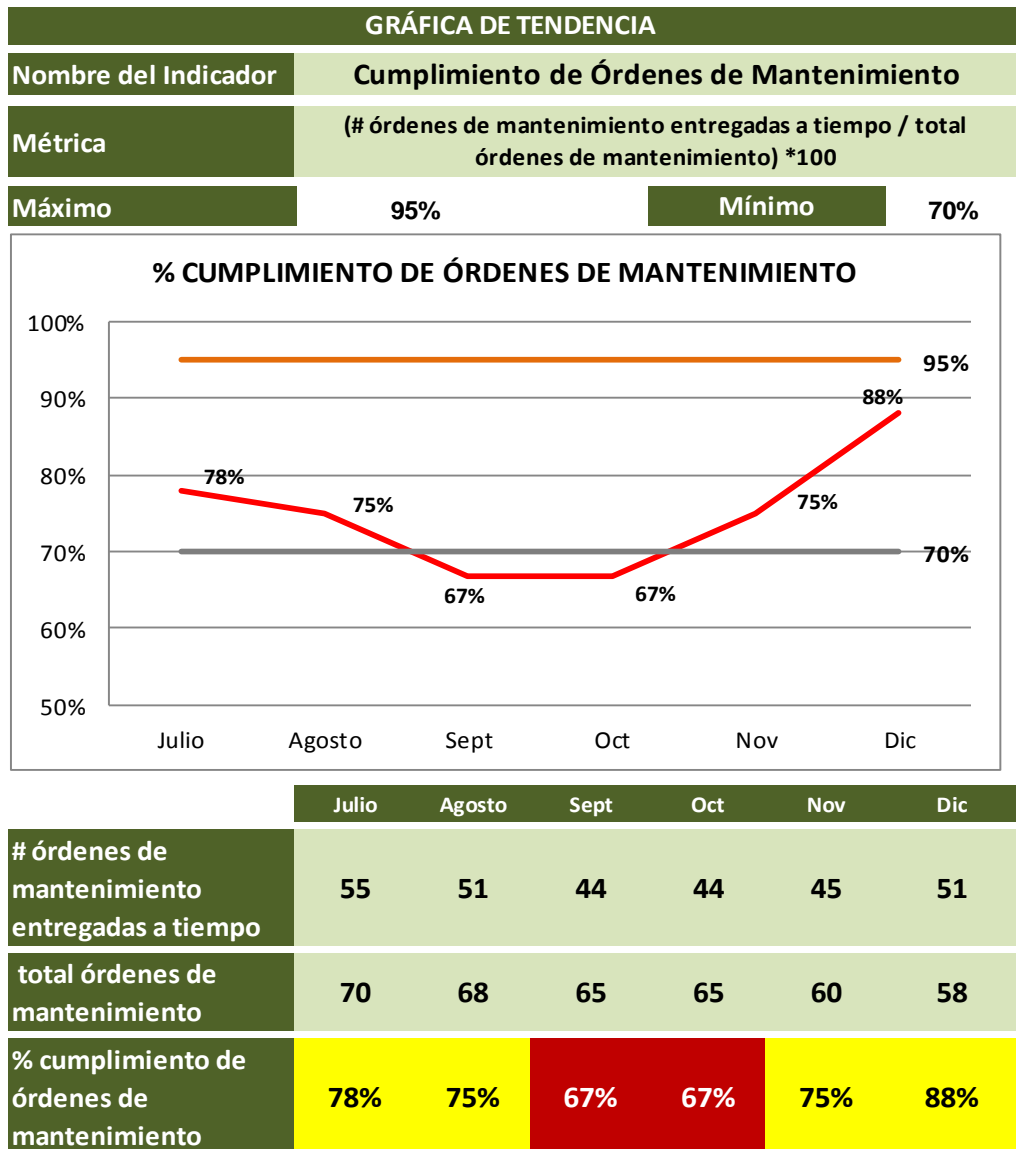
**FIGURA 4.11. MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Se puede observar una mejora durante todo el proceso de la implementación del plan piloto, ya que se comienza a cumplir con el plan de mantenimiento y la tendencia se está acercando a los rangos de aceptabilidad.



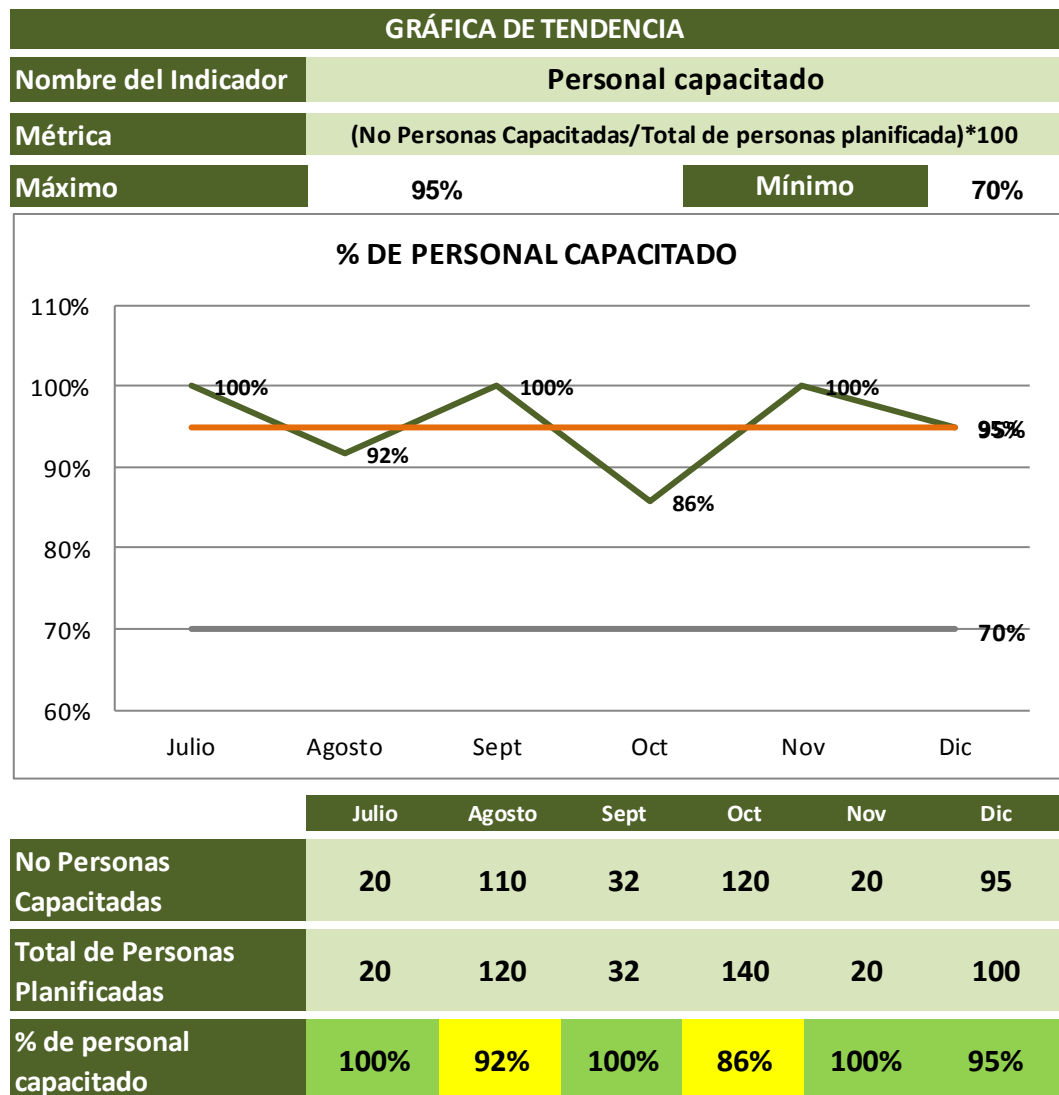
**FIGURA 4.12. PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL**

El incremento en la cantidad de órdenes de mantenimiento correctivo generadas a última hora y el incumplimiento de entrega de máquinas por parte de producción evita que se cumpla el objetivo. Lo importante es que en el transcurso de los meses la tendencia ubica los resultados dentro del rango.



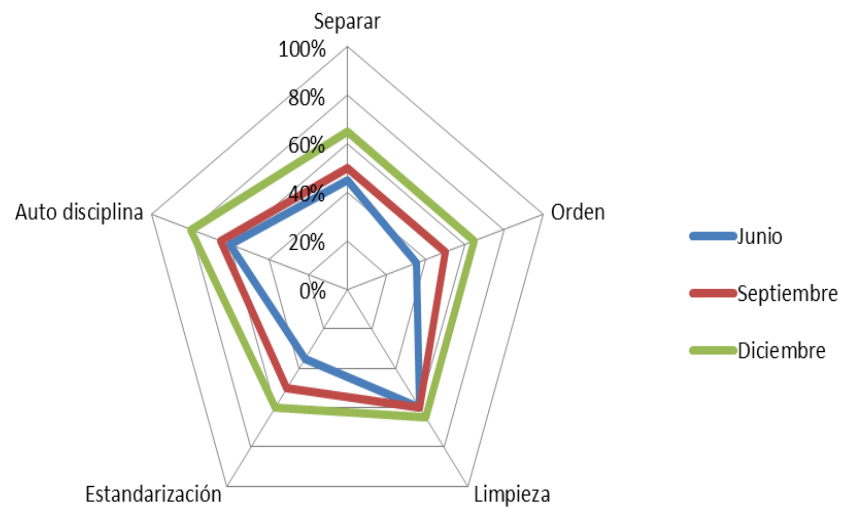
**FIGURA 4.13. CUMPLIMIENTO DE ÓRDENES DE MANTENIMIENTO**

El Cumplimiento de órdenes de mantenimiento se dificulta debido a la cantidad de mantenimientos correctivos generados y por las esperas por falta de repuestos en bodegas. Al realizar los mantenimientos preventivos de acuerdo a su planificación se empieza a mantener dentro del rango aceptable este indicador.



**FIGURA 4.14. PLAN DE CAPACITACIÓN**

La tendencia de capacitación al personal se mantiene dentro del rango establecido y en algunos meses superando las expectativas, en aquellos meses que el porcentaje de asistencia baja, se debe a que personal citado está de vacaciones o por turnos de trabajo no pueden asistir.



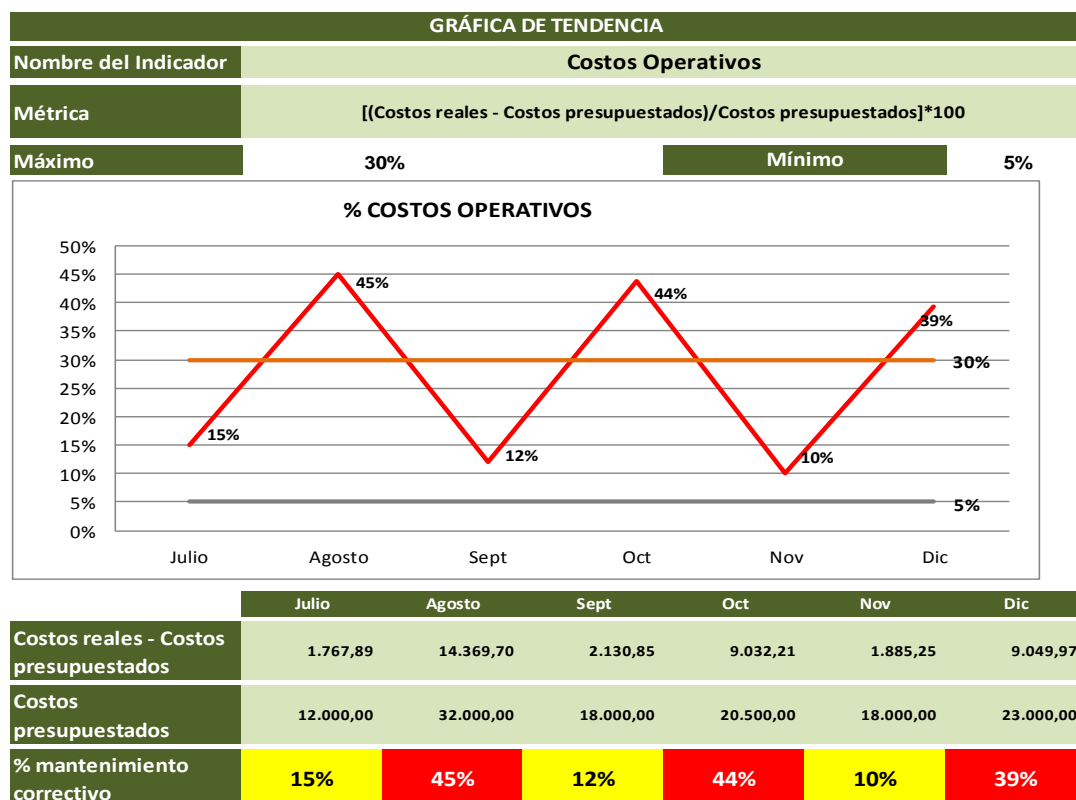
**FIGURA 4.15. IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA 5S**

El nivel de cumplimiento de la implementación de 5 S hasta el mes de Diciembre del 2012, se encuentra en cada uno de los siguientes rangos:

**TABLA 16  
NIVEL DE ACEPTACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN**

	Julio	Sept	Dic	Criterio
Separar	45%	50%	65%	ACEPTABLE
Orden	35%	50%	65%	
Limpieza	60%	60%	65%	
Estandarización	35%	50%	60%	
Auto disciplina	60%	65%	80%	

Lo cual indica que en su totalidad va en buen camino la implementación.

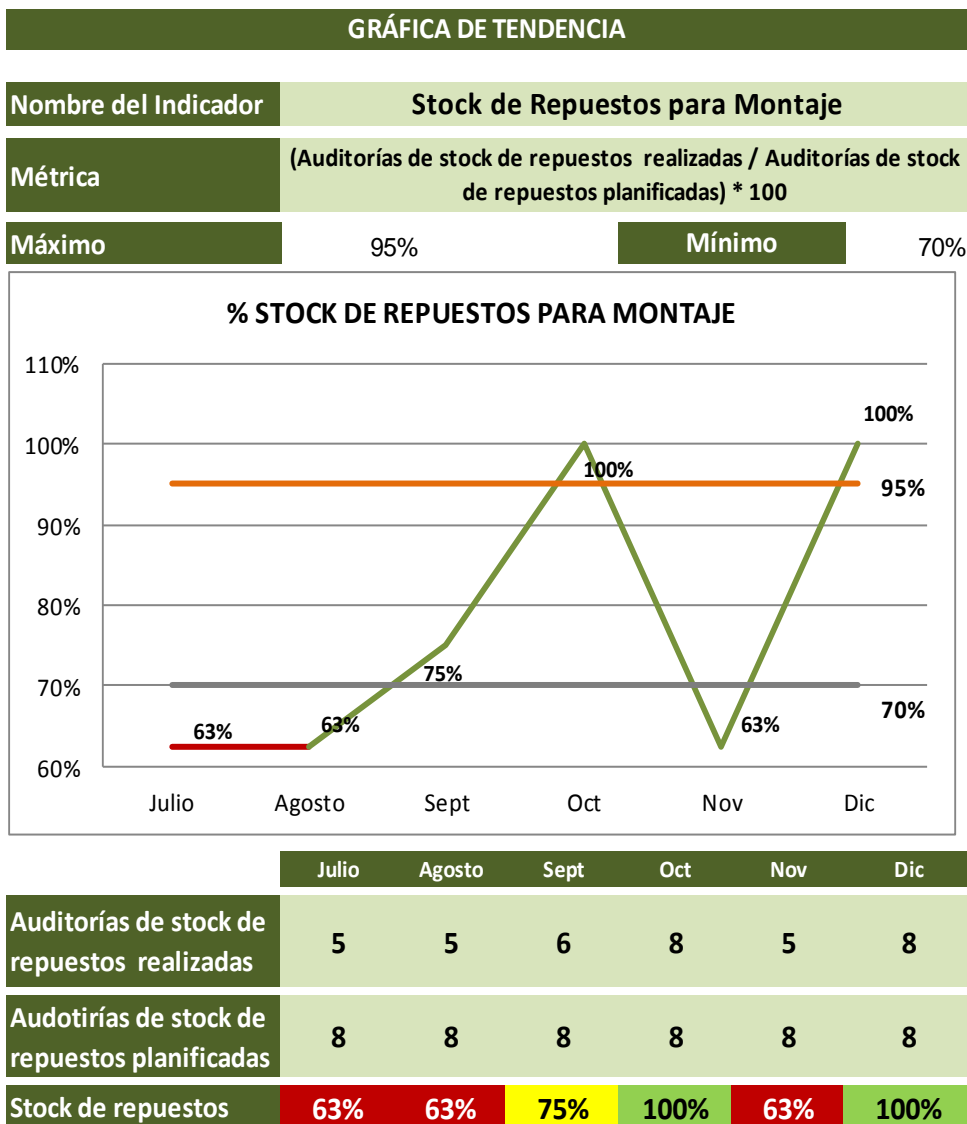


**FIGURA 4.16. COSTOS OPERATIVOS**

La gráfica muestra una variación muy dispersa en los datos, debido a costos no contemplados en el presupuesto de Mantenimiento, como es el caso de cambios de diseños de máquinas por mejoras en puestos de trabajos de los operadores, automatización de equipos que facilite el registro de información en tiempo real.



Adicionalmente la dispersión de datos es producto de la compra de repuestos en el momento de reemplazar una pieza en el equipo en los mantenimientos correctivos realizados.



**FIGURA 4.17. STOCK MÍNIMO DE REPUESTOS**

La tendencia de la gráfica muestra valores dispersos debido a la compra de repuestos no planificada que se presenta al momento de realizar los mantenimientos correctivos.

### **Tablero de control**

La finalidad de elaborar el tablero de control es para tomar decisiones a tiempo, en base al monitoreo permanente de los indicadores.

A continuación se presenta el tablero de control diseñado para la implementación de TPM en Mantenimiento:

**TABLA 17**  
**RESULTADOS DEL TABLERO DE CONTROL**

Nº	Objetivo	Indicador	Métrica	Meta	Máx	Mín	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
1	ALCANZAR EL 80% DE EFICIENCIA OPERACIONAL HASTA FINALES DEL 2014	Eficiencia Operacional - OEE	Disponibilidad x Calidad x Rendimiento	80%	95%	70%	57%	53%	57%	55%	65%	71%
2	LOGRAR QUE LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS ALCANCE UN 90%	Disponibilidad de equipos	[Tiempo de producción) / (Tiempo de producción+ Tiempo de parada)]	90%	100%	70%	87%	83%	87%	86%	89%	88%
3	LOGRAR QUE LA CALIDAD DEL PRODUCTO SEA DEL 90%	Calidad del producto	[1- (Producto Defectuoso)/(Total de Productos )] x 100	90%	95%	70%	96%	98%	98%	99%	98%	99%
4	LOGRAR QUE EL RENDIMIENTO SEA DEL 75%	Rendimiento del montaje	(Producción Real)/(Producción Estándar) x 100	75%	95%	70%	69%	66%	67%	65%	75%	82%
5	DISMINUIR EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO ENTRE 47% Y 30%	Mantenimiento correctivo	(mantenimiento correctivo/total de mantenimiento) x 100	30%	47%	30%	94%	76%	69%	55%	43%	38%
6	CUMPLIR AL 100% CON EL PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL	Mantenimiento anual	(mantenimiento planificado/real) x 100	100%	100%	70%	48%	45%	51%	60%	75%	80%
7	LOGRAR ENTREGAR A TIEMPO EL 100% DE ÓRDENES DE MANTENIMIENTO	Cumplimiento de órdenes de mantenimiento	(# órdenes de mantenimiento entregadas a tiempo / total órdenes de mantenimiento) x 100	95%	100%	70%	78%	75%	67%	67%	75%	88%



### **Gráficas de tendencia**

Las gráficas ayudan al operador y supervisor de Mantenimiento a visualizar el comportamiento de los indicadores en un tiempo establecido. Las mismas que encuentran en las fichas de los indicadores.

Las reuniones mantenidas periódicamente ayudan a corregir las desviaciones encontradas en tiempo real.

### **Registro de información**

El registro se divide en dos partes: El registro parcial de los datos, que se realiza semanalmente para controlar el comportamiento de la información, así las acciones de mejora son oportunas y permite dar seguimiento a la semana siguiente.

El registro total de datos debe ser presentado mensualmente en las reuniones gerenciales donde se expone las desviaciones encontradas y como deben ser corregidas. En caso de requerirse otro tipo de mejora o control se debe definir en este nivel.

### Matriz de seguimiento de acciones de mejora

Las acciones de mejoras parciales o totales deben ser registradas en las reuniones operacionales semanales y mensuales. El moderador de las reuniones es el responsable de dar seguimiento a cierre de los puntos en el tiempo estimado.

La Matriz de Seguimiento se presenta a continuación:

**TABLA 18**  
**MATRIZ DE SEGUIMIENTO DE REUNIONES OPERACIONALES**  
**ACTIVIDADES**

PROBLEMAS	FECHA	PRIORIDAD	FRECUENCIA	EQUIPO / SEMIELABORADO	RESPONSABLE
Incumplimiento plan de mantenimiento	24/08/2013	Alta	1	Montaje	Mantenimiento
Para de MAC COS II por cambio de molde	31/08/2013	Alta	5	Montaje	Producción
Horas perdidas por falta de semielaborados	31/08/2013	Alta	5	Montaje	Producción
Incumplimiento plan de Producción	31/08/2013	Alta	5	Montaje	Producción
Horas perdidas por falta de personal	16/11/2013	Media	1	Montaje	Producción
Horas perdidas por falta de repuestos	14/12/2013	Alta	1	Montaje	Mantenimiento

#### 4.3.2. Mantenimiento Planificado

##### Diseño de órdenes de trabajo para mantenimiento

Con la información de mantenimiento obtenida en los informes, se debe establecer el ingreso diario en una base de

datos, para realizar estudios del comportamiento de la máquina e identificar los puntos de mejora y de control.

Al formato de mantenimiento se lo llama orden de mantenimiento, donde se registra la actividad a realizar en el equipo, el responsable de ejecución, problema encontrado, solución realizada, repuestos utilizados y tiempo invertido. Para tener información consistente se debe codificar los problemas y las soluciones, de esta manera se pueden obtener datos estadísticos.

Cabe recalcar que la información de las órdenes de trabajo es el resultado de la ejecución del plan de mantenimiento, es decir que el personal de mantenimiento debe controlar y monitorear el cumplimiento de los tiempos de respuesta.

A continuación se ilustra el modelo de la orden de trabajo para los equipos:

Departamento de Mantenimiento					
Orden de Mantenimiento	Equipo:	MAC I	Fecha:	jun-12	
Actividad	Tiempo (minuto)	Costo \$	Materiales	Cantidad (unidad)	Costo \$
Limpia radiador enfriamiento	10	9,4			
Chequear ventilador enfriamiento	0,5	0,47			
Check acople caucho motor,comp	0,5	0,47			
Reajustar sistema electrico	2	1,88			
Engrasar motor c/2000	15	14,1			
Cambio de aceite c/1000	10	9,4			
			Filtro de aire c/1000	1	180
			Elemento separador c/5000	1	400
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>\$ 35,72</b>	<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>\$ 580,00</b>

**FIGURA 4.18. ÓRDENES DE MANTENIMIENTO**

### Plan de Mantenimiento

Con el objetivo de prevenir paros en la producción, daños o deterioros en los equipos, el plan de mantenimiento se ejecuta cada año, donde se establecen actividades de mantenimiento con la frecuencia correspondiente, y los responsables.

El plan de mantenimiento debe tener una frecuencia de implementación de largo, intermedio y corto plazo, en base a lo que indique el manual técnico de cada máquina.



**TABLA 19**  
**PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL DEL ÁREA DE MONTAJE**

PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO:ÁREA DE MONTAJE													
Año: 2012													
EQUIPOS	Frecuencia	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MARCADOR CÓDIGO ELECTRONICO # 1	MENSUAL	25	19	25	20	27	22	23	21	10	5	5	25
SIST. AIRE COMPRIMIDO # 1	ANUAL			31									
	MENSUAL	31	25	1	26	5	28	29	26	11	6	11	31
SIST. AIRE COMPRIMIDO # 2	ANUAL				27								
	MENSUAL	3	26	2	28	6	29	30	27	11	7	12	4
SIST. AIRE COMPRIMIDO # 3	ANUAL					7							
	MENSUAL	4	28	3	29	9	30	1	28	13	7	13	6
MAC COS I	ANUAL										12		
	TRIMESTRAL			5			2			18			8
	QUINCENAL	6	2	7	1	11	3	4	9	16	9	17	9
MAC COS II	ANUAL										9		
	MENSUAL	7	3	8	2	12	4	5	30	11	9	18	10
	QUINCENAL	8	4	9	4	13	6	6	9	16	9	19	11
CORTADORA DE PLACAS	ANUAL									11			
	MENSUAL	10	5	10	5	14	7	7	7	6	8	20	13
INYECCIÓN AIRE MONTAJE 10	ANUAL	22											
	BIMESTRAL	24		18		26		14		20		15	
INYECCIÓN AIRE MONTAJE 11	ANUAL	25											
	BIMESTRAL	26		19		27		15		20		16	
MÁQUINA PEGADO TÉRMICO # 1	ANUAL				23								
	MENSUAL	20	19	8	25	16	23	5	7	22	18	5	14
MÁQUINA PEGADO TÉRMICO # 2	ANUAL				26								
	MENSUAL	21	21	9	27	17	24	6	8	22	18	6	15

El plan de mantenimiento debe ser responsabilidad del jefe de mantenimiento y debe velar por el cumplimiento de las actividades planteadas.

Se debe establecer un cronograma de seguimiento al plan donde se planteen los problemas encontrados y las soluciones implementadas.

#### **4.3.3. Mantenimiento Preventivo**

##### **Análisis operativo de soldadores eléctricos de plomo**

En base al manual técnico del equipo, se realizan las guías operativas y los mantenimientos diarios, semanales, mensuales, trimestrales o semestrales.

La información obtenida en los registros de las órdenes de mantenimiento se utiliza para realizar los análisis operativos del equipo y enfocar las soluciones a la causa raíz de cada problema. Se debe establecer reuniones semanales con todo el personal a nivel de jefaturas para analizar los resultados obtenidos con el objetivo de establecer los lineamientos de ejecución para la solución de los problemas encontrados.

Cada actividad de mantenimiento realizada permite reducir los costos de mantenimiento durante el tiempo de vida útil del equipo.

#### **4.3.4. Mantenimiento de la Calidad**

##### **AMEF**

El comité de calidad, conformado por mandos medios realiza reuniones con una frecuencia semanal, donde se plantea el mejoramiento continuo de la calidad del producto y se consigue reducir la variabilidad. Se utilizan herramientas estadísticas para realizar los análisis, en este caso se utiliza la matriz de Análisis de Modo y Efecto de Fallas AMEF. En el apéndice E se encuentra el procedimiento para el desarrollo de la matriz.

**TABLA 20**  
**AMEF ÁREA DE MONTAJE**

AMEF-MON-001	Análisis de Modo y Efecto de Fallas Potenciales de Proceso					Área: Producción, Mantenimiento				Fecha: 10 / 09 / 2012				
						Responsable: Gerente de Producción								
						Responsable: Jefe de Mantenimiento								
Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Fallas Potencial	Causa de Falla Potencial	Acciones actuales	SITUACIÓN ACTUAL				Acciones Recomendadas	Responsable y Fecha de Cumplimiento	RESULTADOS			
					Control de Detección	Severidad	Ocurrencia	Detección			RPN	Acciones Tomadas	Severidad	Ocurrencia
Soldado de Elementos y Encajonado	Terminales quebradizos	Batería interrumpida	Problemas de enfriamiento, temperatura, cavidades de moldes sucios, limpieza deficiente del crisol y cámara de aire	Chequeo de terminales en soldado de grupo	Comprobación de alto voltaje	8	1	5	40	Ninguna				
Soldado Eléctrico	Elementos invertidos	Voltaje bajo	Mano de obra		Visual	8	1	7	56	Ninguna				
	Mal soldado eléctrico	Batería interrumpida o cortocircuitada	Electrodos defectuosos o salpicaduras de plomo	Cambio oportuno de electrodos ET-085	Comprobador electrónico Visual	8	1	4	32	Ninguna				
Pegado Térmico	Fuga	Filtración de electrolito	Golpes durante el proceso. Mala calibración de máquinas y moldes	Mantenimiento de máquinas y moldes	Comprobador de fuga automático	7	1	2	14	Ninguna				
					Comprobador de fuga manual	7	1	6	42	Ninguna				
Soldado de bornes	Altura de borne fuera de especificación	Contacto con capó o Problemas de montaje en vehículo	Máquina descalibrada, Variación de altura de borne terminales	Calibración de la máquina	Calibrador	6	2	5	60	Ninguna				
	Borne cristalizado	Ruptura de borne	Exceso de temperatura	Calibración de la máquina	Visual	8	1	7	56	Ninguna				
	Borne deforme	Mal contacto con conectores en Carga o en uso	Calibración deficiente	Calibración de la máquina	Visual	6	1	7	42	Ninguna				
	Fuga a través de borne	Corrosión de borne	Calibración deficiente	Calibración de la máquina	Comprobador de fuga + prueba agregando agua en el borne	7	1	6	42	Ninguna				

### **Análisis de productos defectuosos para problemas operativos de mantenimiento**

Una de las actividades que tiene el comité de calidad es plantear mejoras en los equipos, para optimizar el tiempo de producción en la línea y también para reducir el retrabajo por parte de mano de obra e insumos. La implementación de reportes de producción permite que se pueda cuantificar y analizar los datos. Con herramientas estadísticas se puede obtener el comportamiento del equipo, se puede realizar comparaciones con los valores establecidos por parte del fabricante versus el comportamiento real para establecer metas de cumplimiento.

Por otra parte el área de calidad controla la temperatura de moldes, verifica la altura del grupo armado, comprueba que las placas estén bien soldadas, sin lágrimas de plomo, de manera que se toman muestras de los productos semielaborados con el fin de analizar cada pieza y proponer mejoras en el producto, dicha mejora debe estar relacionada directamente a una modificación en el equipo que con planes pilotos de ejecución se analiza si es factible y rentable realizar las mejoras planteadas.

#### **4.3.5. Mantenimiento Autónomo**

Enfocado a la participación del operador en la máquina, la experiencia que adquiere en el comportamiento diario de la máquina es la clave para que proponga y ejecute iniciativas para el mejoramiento del equipo. El operador debe estar en la capacidad de alertar al supervisor cuando el equipo sufra algún deterioro y puede solicitar actividades de mantenimiento para prevenir daños. También es importante la participación de los jefes inmediatos en fomentar un ambiente proactivo.

##### **Ficha del equipo**

Las fichas del equipo se deben colocar en un lugar de rápido acceso para el operario. Cada ficha debe contener información acerca de:

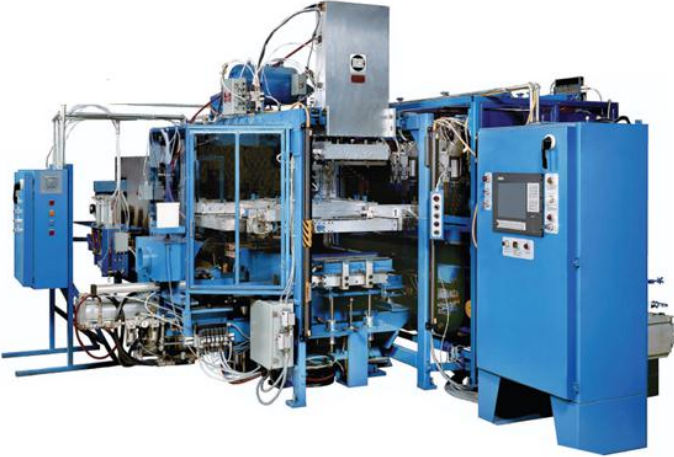
- Mantenimiento (características técnicas del equipo, se detalla el tipo de reparación o mantenimiento que necesita el equipo).
- Procedimientos de producción.
- Datos sobre la compra del equipo (Referir ubicación manuales, fechas de caducidad de garantías, entre otros).

- Foto del equipo para que de esta manera se agilite el proceso de búsqueda de información en el momento que ocurra alguna eventualidad.

Toda actividad que se le realiza al equipo debe ser registrada correctamente en la ficha. De esta manera se puede resolver cualquier suceso o problema que se presente en el futuro.

La tarjeta de activos debe ser registrada por el operador de mantenimiento cada vez que se le realice algún mantenimiento preventivo, correctivo, limpieza, etc. Toda la información de los reportes se debe ingresar en una base de datos que puede ser consultada por los involucrados del proceso.

A continuación se ilustra el diseño de las tarjetas de activos para los equipo.

Ficha Técnica del Equipo			
Equipo:	MAC I	Código:	MON-01
N° Serie:	100345-M	Localización:	Galpón 2
Información de Compra			
Fabricante:	MAC Engineering and Equipment Company	Fecha de compra:	oct-99
Contacto:	maceng@mac.eng.com	Fecha de instalación:	abr-00
Teléfono:	(269)9253295	Tiempo de garantía:	
Información del Equipo			
Dimensiones:	200x175x60 mm	Conexión eléctrica:	240/380/480V/3-phase/50-60Hz
Dimensiones elementos:	200x175x60 mm	Voltaje:	24 V DC
Capacidad bandeja:	2,8 litros	Operadores:	2
Ventilación:	Mínimo 2700 CFM	Aire comprimido:	50 SCFM @ 80 psig mínimo
Refrigeración:	Mínimo 5 galones/mi a 40 psi	Temperatura ambiente:	0 ° a 45° C
Información de Mantenimiento			
Preventivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Correctivo	<input type="checkbox"/>
Criticidad:			Alta
			

**FIGURA 4.19. TARJETA DE ACTIVOS PARA LOS EQUIPOS**

### Procedimiento Operativo

Es necesario partir de un análisis de tareas que permita identificar los riesgos en que está expuesto el operador para luego realizar la actualización de los procedimientos operativos del área de montaje.



Aunque el pilar de seguridad no se desarrolla en este documento, en el apéndice B se encuentra el procedimiento para la identificación de peligros y evaluación. A continuación se detalla la matriz de identificación de peligros y evaluación cualitativa de los riesgos para el área de montaje:

TABLA 21

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS																									
TIPO DE RIESGO		AREA / DEPARTAMENTO		PRODUCCIÓN																					
		PROCESO		MONTAJE																					
		PUESTO DE TRABAJO		OPERADOR																					
		ACTIVIDAD		ELABORACION DE TERMINALES				ENCAJONADO				SOLDADO ELECTRICO				PEGADO TERMICO				ACABADO DE BORNES					
		NUMERO DE TRABAJADORES		2				2				2				1				1					
		TIEMPO DE EXPOSICIÓN (HORAS)		8 (H)				8 (H)				8 (H)				8 (H)				8 (H)					
TIPO DE RIESGO	NO.	EVALUACION RIESGO				P	G	V	RIESGO	P	G	V	RIESGO	P	G	V	RIESGO	P	G	V	RIESGO	P	G	V	RIESGO
MECÁNICOS	1	inadecuado puesto de trabajo				1	1	2	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO
	2	espacio físico reducido				3	2	2	IN																
	3	piso irregular, resbaladizo				1	2	2	IM																
	4	obstáculos en el piso				2	2	2	IM	2	2	2	I	2	2	2	I	2	2	2	I	2	2	2	I
	5	desorden				1	2	2	IM	1	2	2	I	1	2	2	I	1	2	2	I	1	2	2	I
	6	manejo de herramienta cortante y/o punzante				1	2	2	IM	1	1	1	MO									1	2	1	MO
	7	circulación de vehículos en áreas de trabajo				1	1	1	MO													1	1	1	MO
	8	trabajo a distinto nivel				3	1	2	IM																
	9	proyección de sólidos o líquidos (plomo)				2	3	2	IN													2	3	1	I
	10	superficies o materiales calientes								3	2	1	I	3	3	1	IN	3	2		1	3	2	1	I
	11	trabajos de mantenimiento				2	1	2	IM																
12	temperatura elevada				3	3	1	IN	2	2	1	I	2	2	1	I	2	2	1	I	2	2	1	I	
13	iluminación insuficiente				3	2	2	IN	3	2	2	IN	3	2	2	IN	3	2	2	IN	3	2	2	IN	
14	ruido				2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO	
15	ventilación insuficiente (fallas en la renovación de aire)				3	1	2	I	3	1	2	I	3	1	2	I	3	1	2	I	3	1	2	I	
16	manejo eléctrico				1	1	1	MO					2	2	1	I									
QUÍMICOS	17	polvo de PLOMO				3	2	1	I	3	2	1	I	3	2	1	I								
	18	vapores de PLOMO FUNDIDO				1	2	1	MO																
	19	manipulación de químicos (sólidos o líquidos) PLOMO				1	3	1	I	1	3	1	I												
ERGONOMÍAS	20	sobreesfuerzo físico				2	1	1	MO	2	2	1	I	1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO
	21	levantamiento manual de objetos				2	1	1	MO	2	2	1	I												
	22	movimiento corporal repetitivo				3	1	1	I	3	2	2	IN	3	1	1	I	3	1	1	I	3	1	1	I
	23	Posición forzada de pie				2	1	3	I	3	1	3	IN	2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO
PSICOSOCIALES	24	turnos rotativos				2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO
	25	trabajo nocturno				2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO
	26	trabajo a presión				2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO	2	1	1	MO
	27	alta responsabilidad				1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO
	28	minuciosidad de la tarea				1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO
	29	trabajo monótono				1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO
ACCIDENTES MAYORES	30	manejo de inflamables y/o explosivos				3	1	1	IM	3	1	1	I	3	1	1	I	3	1	1	I	3	1	1	I
	31	sistema eléctrico defectuoso				1	1	1	MO					1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO
	32	presencia de puntos de ignición				1	1	1	MO					1	1	1	MO	1	1	1	MO	1	1	1	MO

Una vez realizado el análisis de riesgos se establece un formato para el procedimiento del área de montaje donde se detalla el área de trabajo, los insumos, el mantenimiento diario, las tareas de mantenimiento, el procedimiento, los formatos de registro y los controles de cambio del documento. El procedimiento realizado se encuentra ubicado en el apéndice C.

### **Guías operativas**

Las guías operativas están formadas por las instrucciones de trabajo que debe realizar el operador, indica claramente quién es el responsable del equipo, qué materiales se deben utilizar, lugar de almacenamiento temporal y requerimientos necesarios para empezar a utilizar la máquina como es el tiempo de calibración, tiempo de setup de indica a quién reportar en caso de que se presente algún evento inesperado. Se deben colocar en un lugar seguro cerca a la máquina, y es responsabilidad del Supervisor de Mantenimiento actualizar la documentación conforme se presenten cambios en las máquinas o en su operación.

La guía operativa realizada se encuentra en el apéndice D.

### **Lista de chequeo de equipos**

Permite realizar inspección visual de la máquina antes que de empiece su funcionamiento. El operador debe realizar el chequeo de la máquina en el formato correspondiente y entregarlo al Departamento de Mantenimiento para validar la información obtenida.

Se debe colocar información básica y necesaria en la lista de chequeo del equipo ya que la revisión consiste en la lectura de indicadores tales como temperatura, presión, velocidad, stock mínimo, etc. Adicional en la información de registro debe ir el responsable de la revisión, fecha, máquina y observaciones.

Se debe capacitar al operador en el uso de la lista de chequeo ya que se utilizan criterios de evaluación donde se debe sacar porcentaje de aceptabilidad para asegurar el correcto funcionamiento del equipo.





## **Educación y entrenamiento**

### **Plan de capacitación**

Debe existir un entrenamiento constante que aporte al desarrollo de habilidades que permitan al operador actuar de manera eficiente y eficaz haciendo uso de su experiencia acumulada en el trabajo realizado. El desarrollo del plan de capacitación anual tiene el propósito de impulsar a los colaboradores a trabajar en equipo para lograr el cumplimiento de los objetivos.

Cada colaborador debe recibir una inducción sobre el correcto funcionamiento de la máquina, se debe preparar al personal de mantenimiento para que realice correctamente todas sus tareas, uso de reportes y registros.

El objetivo final es que el colaborador pueda desarrollar la habilidad de identificar posibles daños o anomalías en el equipo y que pueda prevenir problemas utilizando soluciones prácticas y efectivas, dichas soluciones se logran capacitando a todo el personal frecuentemente.

A continuación se ilustra el plan de Capacitaciones para el personal de mantenimiento:

**TABLA 23**

**PLAN DE CAPACITACIÓN**

**Año:** 2012 hasta  
junio 2013

Tipo de Entrenamiento	Proveedor	Duración	Participantes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Personal Requerido	Personal que Asistió	Ejecutado
Metodología 5 s	Fundación Ases	20	Jefaturas y Comité de Calidad	x						20	20	Si
Metodología 5 s	Comité de Calidad	20	Todo el personal	x	x				x	120	110	Si
Introducción a TPM	Fundación Ases	40	Comité de Calidad y Mantenimiento		x					32	32	Si
Refuerzo de Entrenamiento de Uso y cuidado de EPP	Jefe de Seguridad Industrial	2	Todo el personal			x	x			140	120	Si
Mantenimiento Preventivo y Correctivo	Jefe de Mantenimiento	4	Mantenimiento		x	x				20	20	Si
Normas de Higiene en Trabajos con Plomo	Jefe de Seguridad Industrial	2	Producción y Mantenimiento					x		100	95	Si



#### **4.4. Mecanismos de Control y Seguimiento para TPM**

##### **Objetivo de la auditoría**

- Controlar todas las etapas del proceso de implementación para garantizar el cumplimiento de los principios y normas establecidas por la Planta Industrial y por las entidades de control externas.
- Medir el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos y las metas planteadas en el plan de mantenimiento.
- Controlar la utilización de los recursos humanos, físicos y financieros para maximizar los resultados.
- Analizar continuamente los avances en base a los objetivos planteados.

##### **Diseño de la auditoría**

El plan de auditoría se basa en un cronograma de trabajo donde se debe definir el área, la fecha, el tema y el criterio a auditar, el objetivo y el alcance de la auditoría y las áreas a ser auditadas con el nombre del auditor.

La auditoría se realiza mediante el uso del siguiente formato:

PLAN DE AUDITORÍA			
<b>AUDITORES</b>	N.E		
<b>ÁREA</b>	MANTENIMIENTO	<b>FECHA:</b>	01/14/2013
<b>TEMA A AUDITAR:</b>	TPM	<b>CRITERIOS:</b>	PILARES TPM
<b>OBJETIVO DE LA AUDITORÍA:</b>	Verificar el estado de implementación de TPM		
<b>ALCANCE DE LA AUDITO</b>	Aplica para el área de Montaje		
HORARIO	ÁREA/PROCESO/FUNCIÓN	AUDITOR	TPM
08H00 - 10H00	Reunión de apertura	N.E.	Mtto Autónomo
12H00 - 15H00	Producción/		Mtto Autónomo
16H00 - 19H:00	mantenimiento		Mtto Autónomo

---

 AUDITOR

---

 RESPONSABLE DEL PROCESO

#### FIGURA 4.20. PLAN DE AUDITORÍA

En base al plan de auditoría se debe diseñar un informe que se puede realizar de manera mensual, donde se detallan los hallazgos encontrados y se reportan las causas del hallazgo.

REPORTE AUDITORÍA TPM	
<b>AUDITOR</b>	N.E.
<b>ÁREA / PROCESO</b>	MANTENIMIENTO
<b>FECHA:</b>	01/22/2013
<b>DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO</b>	
Elementos armados con deformación no entran en la caja y producen reproceso	
<b>CAUSAS DEL HALLAZGO</b>	
Alta temperatura del molde, falta de inspección por parte de los Supervisores	
Producción continua	
DATOS DEL AUDITOR	
FIRMA: _____	FECHA: <u>15/02/2013</u>

**FIGURA 4.21. REPORTE DE AUDITORÍA TPM**

Una segunda parte del reporte es el plan de acción del hallazgo reportado, donde se debe registrar el responsable de la no conformidad, la causa y la acción propuesta para eliminar la no conformidad.

<b>PLAN DE ACCIÓN</b>	
<b>RESPONSABLE DE LA NO CONFORMIDAD:</b>	Operador de Montaje
<b>CAUSA</b>	
Producción continua con falta de lectura de termómetros en los tiempos establecidos	
Falta de supervisión	
Falta de limpieza de moldes	
<b>ACCIÓN PROPUESTA PARA ELIMINAR LA NO CONFORMIDAD</b>	
Capacitar a los operadores sobre el uso de la máquina	
Auditorías a los registros de producción	
FIRMA: _____	FECHA: <u>19/02/2013</u>

**FIGURA 4.22. PLAN DE ACCIÓN**

La tercera parte del reporte consiste en la verificación del cierre de las acciones propuestas, donde se debe evaluar si la acción fue eficaz o no eficaz, y en caso de que no se haya eliminado la no conformidad se debe registrar la razón por la que no fue eficaz la acción tomada.

VERIFICACIÓN DEL CIERRE DE LAS ACCIONES PROPUESTAS	
RESPONSABLE DE LA VERIFICACIÓN:	No aplica
<b>LA ACCIÓN FUE EFICAZ</b>	
SI	<input checked="" type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>
<b>SI NO FUE EFICAZ DIGA LA RAZÓN</b>	
FIRMA: _____	FECHA: <u>26/02/2013</u>

**FIGURA 4.23. VERIFICACIÓN DEL CIERRE DE LAS ACCIONES PROPUESTAS**

Esta propuesta de auditoría se plantea con el fin de darle sostenibilidad al programa.

#### 4.5 Análisis de resultados

En el siguiente cuadro se muestran los objetivos operativos con los resultados del mes julio y diciembre del año 2012:

**TABLA 24**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

OBJETIVOS OPERATIVOS	JULIO 2012	DICIEMBRE 2012	DICIEMBRE 2013	PILAR TPM
Alcanzar el 80% de eficiencia operacional hasta finales del 2014	Se evidencia que la planta industrial se encuentra en 57% de eficiencia operacional	Se evidencia que la planta industrial se encuentra en 71% de eficiencia operacional	Se proyecta que la planta industrial alcanza el 75% de eficiencia operacional	TPM
Lograr que la disponibilidad de equipos alcance un 90%.	Se evidencia que la disponibilidad de los equipos es 87%	Se evidencia que la disponibilidad de los equipos ha subido a 88%	Se proyecta que la disponibilidad de los equipos aumenta 88%	TPM – Mantenimiento o planificado
Lograr que la calidad del producto sea del 90%	Se evidencia que la calidad del producto es 96%	La calidad del producto aumenta a 99%	La calidad del producto se mantiene a 99%	TPM – Mantenimiento o de la calidad
Lograr que el rendimiento sea del 75%	Se evidencia que el rendimiento es 69%	Se evidencia que es 82%	Se proyecta que el rendimiento es 84%	TPM – Mantenimiento o autónomo
Mantener el mantenimiento correctivo entre 40% y 20%	Se evidencia que el porcentaje de mantenimiento correctivo disminuye en 18%	Se evidencia que el porcentaje de mantenimiento correctivo se mantiene en 18%	Se proyecta que el porcentaje de mantenimiento correctivo disminuye en 14%	TPM – Mantenimiento o autónomo
Cumplir al 100% con el plan de mantenimiento anual	Se evidencia que el porcentaje cumplimiento del plan de mantenimiento es 48%	Se evidencia que el porcentaje cumplimiento del plan de mantenimiento es 80%	Se proyecta que el porcentaje cumplimiento del plan de mantenimiento es 90%	TPM – Mantenimiento o planificado
Lograr entregar a tiempo el 100% de órdenes de mantenimiento	Se evidencia que el porcentaje de entrega a tiempo de órdenes de mantenimiento es 78%	Se evidencia que el porcentaje de entrega a tiempo de órdenes de mantenimiento es 80%	Se proyecta que el porcentaje de entrega a tiempo de órdenes de mantenimiento es 95%	TPM – Mantenimiento o autónomo
Implementar al 100% la metodología 5s's	Se evidencia que no existe metodología	Se evidencia que la metodología está implementada un 67%	Se proyecta que la metodología se implemente un 85%	5s's
Lograr que la variación de los costos sea máximo $\pm 5\%$	Se evidencia que no existe método de control de costos	Se evidencia que la variación de los costos es $\pm 30\%$	Se proyecta que la variación de los costos es $\pm 30\%$	Análisis de Costos

Mantener en 100% el stock mínimo de repuestos para montaje	Se evidencia que no existe stock mínimo de repuestos para montaje	Se evidencia que se cumple al 100% el stock mínimo de repuestos para montaje	Se logra el 100% del stock mínimo de repuestos para montaje	Gestión de repuestos
Mantener en 100% el stock mínimo de EPP para montaje	Se evidencia que no existe stock mínimo de EPP para montaje	Se evidencia que se cumple al 100% el stock mínimo de EPP para montaje	Se logra el 100% del stock mínimo de EPP para montaje	Políticas de Inventario

Para la implementación de un programa de TPM para una fábrica de acumuladores de plomo y ácido, en el área de Montaje se necesita una inversión de USD \$ 19,528.00.

Los resultados del avance de los indicadores del mes de junio a diciembre del 2012 muestran una disminución en los costos. En la tabla siguiente se muestran los valores por cada semestre de los repuestos de montaje, de las órdenes de mantenimiento no programadas y de las órdenes de mantenimiento programadas:

**TABLA 25**  
**ANÁLISIS DE COSTOS**

	jun-12	dic-12	jun-13
<b>Repuestos de montaje</b>	\$ 73.848,17	\$ 70.429,82	\$ 57.601,57
<b>Órdenes de mantenimiento no programado</b>	\$ 21.476,87	\$ 17.825,80	\$ 16.751,96
<b>Órdenes de mantenimiento programado</b>	\$ 24.218,59	\$ 28.335,75	\$ 23.492,04
<b>TOTAL</b>	\$ 119.543,63	\$ 116.591,37	\$ 97.845,57
<b>DIFERENCIA (Ahorro)</b>	<b>\$ 21.698,07</b>		

Para la recuperación de la inversión se realiza un estimado del año 2013 donde se espera que los costos continúen con la tendencia negativa logrando así disminuir los costos a \$97,845.57, lo que da como diferencia un valor de ahorro de USD \$21,698.07.

Para mediados del 2013 se espera recuperar la inversión en su totalidad.



# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. La implementación de la herramienta de TPM en el área de montaje empieza a evidenciar mejoras notables como el incremento de la eficiencia operacional, donde se logró mejorar el rendimiento de la planta de 69% a 82%.
2. Con la implementación del plan piloto de TPM en el área de montaje se logró mantener el nivel de calidad de los productos en el rango de aceptabilidad.
3. El personal del área de Montaje se ha involucrado en la ejecución del programa TPM, lo que ha permitido que se cumpla con el plan de mantenimiento.

4. El compromiso adquirido por los trabajadores se evidencia notoriamente en la entrega a tiempo de las órdenes de mantenimiento lo que permite disponibilidad en los equipos.
5. Hasta enero del 2012 se ha alcanzado el 67% de la implementación de la metodología 5s's. el porcentaje restante se tiene previsto concluirlo en el presente año dado que la etapa de estandarización es la que necesita más tiempo para que pueda ser cuantificado el beneficio.
6. La participación del personal de mantenimiento y producción ha sido un factor clave para lograr que la implantación de TPM logre los beneficios mencionados, ya que la asistencia y participación a las capacitaciones fue al 100%.
7. El compromiso de la gerencia con la innovación facilita que nuevas herramientas de mejoramiento productivo sean implementadas, sin que exista resistencia al cambio a nivel de operadores y a nivel gerencial, logrando un trabajo en conjunto.

## Recomendaciones

1. Al ver los resultados obtenidos en el plan piloto del programa de TPM en el área de montaje, se recomienda continuar con la implementación al 100% y empezar con las áreas de carga, fundición y despacho, haciendo uso de la herramienta detallada en el documento.
2. Comunicar los resultados obtenidos en el primer semestre de implementación del plan piloto, como se detalla en la tabla 24 “Análisis de Resultados” al personal de producción y mantenimiento para continuar motivándolos en el estricto cumplimiento de fechas del plan de mantenimiento preventivo y de planificación de la producción.
3. Los costos operativos deben ir ajustándose en los siguientes meses, pues los costos no programados de la implementación de TPM han sido realizados en su totalidad. Lo que se debe considerar es que para la elaboración del siguiente año se contemplen los costos no programados en el presupuesto ya que pueden ser reiterativos, especialmente por la vida útil de los equipos claves.

4. Se debe ejecutar un plan de inducción cada vez que entre personal nuevo a la planta, considerando refuerzos trimestrales para mantener capacitado a todos los operadores.
5. Continuar con el plan de auditorías de TPM como se detalla en el capítulo 7, para garantizar el cumplimiento de los indicadores establecidos y así llevar un control del avance de la implementación.
6. Realizar un plan de incentivos al personal de mantenimiento para mejorar el ambiente de trabajo como se muestra en el apéndice G.
7. Incluir dentro del programa de inducción la herramienta de TPM, para facilitar la inclusión del personal a las áreas, tal como se muestra en el apéndice H.
8. Se recomienda replicar la implementación de la metodología 5s's a las áreas más grandes del proceso de producción como es carga y fundición hasta diciembre del 2014.

**ANEXOS**

# ANEXO A

## Metodología empleada para el cálculo de equipos críticos

### Cálculo de la Criticidad

Se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Donde la consecuencia se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Consecuencia} = [(\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mantenimiento} + \text{Impacto Seguridad Ambiental y Humana}]$$

Los criterios que se debe utilizar para cada factor se detallan a continuación:

Frecuencias de Falla	critorio
Mayor a 4 fallas/año	4
2-4 fallas/año	3
1-2 fallas/año	2
Mínimo 1 falla/año	1

Impacto Operacional	critorio
Parada inmediata de toda la planta	10
Parada de toda la planta (recuperable en otras plantas)	8
Impacto en los niveles de producción o calidad	6
Repercute en costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	3
No genera ningún efecto o impacto significativo sobre las demás operaciones	1

Flexibilidad Operacional	critorio
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	5
Hay opción de producción a la capacidad mínima permisible	4
Hay opción de repuesto compartido	3
Función de repuesto disponible	2

<b>Costos de Mantenimiento</b>	<b>criterio</b>
Mayor o igual a \$3,000	2
Menor a \$3,000	1

<b>Impacto en la seguridad ambiental y humana</b>	<b>criterio</b>
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones o personas causando daños severos	4
Provoca daños menores causando daños leves en las personas	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas establecidas para el entorno	1
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o el medio ambiente	0

## Selección Equipos críticos

PROCESO FRECUENCIA /CONSECUENCIA	Carga	Resultado	Montaje	Resultado2	Mezclado / Empastado	Resultado3	Fundición	Resultado4
Frecuencia de fallos	2	1	4	3	1	1	2	2
Impacto Operacional	3	Repercute en costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	10	Parada inmediata de toda la empresa	3	Repercute en costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	3	Repercute en costos operacionales adicionales (indisponibilidad)
Flexibilidad Operacional	3	Hay opción de repuesto compartido	4	Hay opción de producción a la capacidad mínima permisible	3	Hay opción de repuesto compartido	3	Hay opción de repuesto compartido
Costos de Mantenimiento	2	Mayor o igual a \$3,000	2	Mayor o igual a \$3,000	1	Menor a \$3,000	1	Menor a \$3,000
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	4	Afecta las instalaciones o personas causando daños severos	4	Afecta las instalaciones o personas causando daños severos	1	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas establecidas para el entorno	1	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas establecidas para el entorno
<b>CRITICIDAD TOTAL</b>	<b>30</b>		<b>184</b>		<b>11</b>		<b>22</b>	



# ANEXO B

<b>Procedimiento: Identificación de peligros y evaluación de riesgos</b>	<b>Código:</b>	<b>Página</b>
	PRO – PER - 003	1 de 1

**1. Objetivo**  
Identificar, evaluar y priorizar los riesgos presentes en todas las áreas y en cada puesto de trabajo, para establecer las medidas de acción preventivas.

**2. Alcance**  
Todos los puestos de trabajo definidos en cada proceso y en todas las áreas dentro de las instalaciones.

**3. Metodología**  
**Método de Triple Criterio (PGV)**  
El método de estimación cualitativa de riesgos utilizado es el de Triple Criterio (PGV) que valida la probabilidad, gravedad y vulnerabilidad.  
Los resultados obtenidos deben ser priorizados para establecer las medidas de gestión preventiva.

**4. Resumen del Proceso**  
**4.1 Clasificación de los puestos o áreas de trabajo**

- Determinar los puestos de trabajo o áreas a analizar
- Establecer las actividades asociadas a cada puesto o área de trabajo.
- Establecer su duración, frecuencia y número de expuestos.

**4.2 Análisis de riesgos**  
**4.2.a Identificación de peligros**  
Determinar los peligros presentes en las diferentes actividades por puesto de trabajo, acorde a cada tipo de riesgo.  
Se debe considerar:

- Instalaciones, maquinaria y equipos utilizados.
- Herramientas manuales movidas a motor utilizados.
- Tamaño, forma, carácter de la superficie y peso de los materiales a manejar.
- Distancia y altura a las que han de moverse de forma manual los materiales.
- Energías utilizadas (por ejemplo: aire comprimido).
- Sustancias y productos utilizados y generados en el trabajo.

**4.2.b Estimación del riesgo**  
Para cada peligro detectado debe evaluarse de forma cualitativa el riesgo, determinando la gravedad del daño (consecuencias), la probabilidad de que ocurra el hecho y la vulnerabilidad (nivel de gestión aplicado actualmente).

- **Gravedad**  
Para determinar la Gravedad del daño, debe considerarse: partes del cuerpo que se verán afectadas, cantidad de personas expuestas, tiempo de exposición diario. Dependiendo la gravedad del evento se debe asignar un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

GRAVEDAD	No. ASIGNADO
BAJA	1
MEDIA	2
ALTA	3

- **Probabilidad**

Al asignar la probabilidad se debe considerar:

- Trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos (características personales o estado biológico).
- Frecuencia de exposición al peligro.
- Fallos en los componentes de las instalaciones y de las máquinas, así como en los dispositivos de protección.
- Exposición a los elementos.
- Protección suministrada por los EPP y tiempo de utilización de estos equipos.

Dependiendo la probabilidad del evento se debe asignar un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

PROBABILIDAD	FRECUENCIA	No. ASIGNADO
BAJA	RARAS VECES	1
MEDIA	EN ALGUNAS OCASIONES	2
ALTA	SIEMPRE O CASI SIEMPRE	3

- **Vulnerabilidad**

En base al nivel de gestión que se tenga al momento del análisis. Se debe asignar un número de acuerdo a la vulnerabilidad determinada.

VULNERABILIDAD	DETALLE	No. ASIGNADO
MEDIANA GESTIÓN	ACCIONES PUNTUALES / AISLADAS	1
INCIPIENTE GESTIÓN	PROTECCIÓN PERSONAL	2
NINGUNA GESTIÓN	NINGUNA	3

#### 4.3 Estimación del Riesgo

El Riesgo se estimado realizando la sumatoria de cada uno de los números asignados para cada parámetro analizado: Gravedad, Probabilidad y Vulnerabilidad.

$$\text{Estimación Riesgo} = \text{Gravedad} + \text{Probabilidad} + \text{Vulnerabilidad}$$

Los resultados obtenidos se categorizados de la siguiente manera:

ESTIMACIÓN DEL RIESGO		
RESULTADO	PRIORIZACIÓN	
3 Y 4	MODERADO	MO
5 Y 6	IMPORTANTE	IM
7, 8 y 9	INTOLERABLE	IN

En la siguiente tabla se muestra el criterio para la toma de decisión de las acciones a tomar y los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control.

Riesgo	Acción y temporización
Moderado ( <b>MO</b> )	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante ( <b>IM</b> )	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable ( <b>IN</b> )	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

# ANEXO C

<b>Proceso: Procedimiento de Montaje</b>	<b>Código:</b>	<b>Página</b>
	PRO – FAB - 025	1 de 2

**1. Objetivo**  
Proporcionar al operador los lineamientos para el correcto uso de la máquina.

**2. Alcance**  
Este procedimiento aplica a todo el personal de la planta.

**3. Materiales**

- Elementos pre-armados
- Plomo antimonial
- Moldes

**4. Equipo de Protección Personal:**

- Mascarilla 2096
- Mandil de cuero
- Gafas para polvo
- Guantes para altas temperaturas
- Protección facial

**5. Almacenamiento y preservación de moldes**  
Cada molde codificado debe ir en la estantería junto a las máquinas.

**6. Responsables**

**Supervisor de producción e Inspector de calidad**

- § Dar la aprobación del uso de la máquina, mediante la firma de ambos responsables en formato “mantenimiento diario”.
- § Controlar el uso de los EPP.

**Operador**

- § Realizar rutina de mantenimiento diario y comunicar a Supervisor de Producción para comenzar la producción.
- § Hacer uso de los EPP.

**7. Resumen del Proceso**

- a) Cambio de molde.
- b) Prender el crisol y fundir el plomo.
- c) Mantener el crisol a temperatura mínima de operación.
- d) Mantener alto el nivel de plomo en el crisol. (revisar el nivel de plomo en el crisol cada 10 minutos).

Descripción	Rango de Temperatura °C
Temperatura de operación del crisol	430 - 470

- e) Colocar el molde según tipo de grupo a soldar y encender la máquina.
- f) Verificar programa de temperatura.

Descripción	Rango de Temperatura °C
Bornes centrales y terminales	420 – 470
Molde de entrada	440 – 490
Molde de enfriar	100 – 135
Tubería de plomo	440 – 510

- g) Identificar las cajas de acuerdo a código asignado.
- h) Colocar elementos en serie en estación de trabajo para ser soldados.
- i) Sacar elementos de la máquina.
- j) Verificar el correcto soldado de los puentes.
- k) Inspección visual de elementos.
- l) Colocar ajustadores en caso de ser necesario.
- m) Encajonar los elementos en la caja.
- n) Inspeccionar el voltaje de los elementos.

Durante todo el turno, cada dos horas se debe:

- o) Remover el corcho y escoria del molde.
- p) Colocar la escoria de plomo resultante en los recipientes para producto no conforme.

Al finalizar el turno el operador debe:

- q) Realizar las tareas de limpieza de la máquina y de los moldes.  
Para los conductos de alimentación de plomo se debe utilizar broca 11.5mm y para los

Nota: en caso de que exista algún problema con el molde, comunicar al personal de mantenimiento.

<b>Documento de uso interno</b>	<b>Elaborado por:</b> F.R.	<b>Revisado por:</b> A.S.	<b>Aprobado por:</b> R.H.
	<b>Cargo:</b> Técnico	<b>Cargo:</b> Jefe de Mantenimiento	<b>Cargo:</b> Jefe de Seguridad Industrial
	<b>Fecha de Elaboración:</b> 15 noviembre 2012	<b>Fecha de Revisión:</b> 03/01/2013	<b>Fecha de Aprobación:</b> 20/01/2013

## ANEXO D

<b>Guía operativa: Mac cos I y II Montaje</b>	<b>Código:</b>	<b>Página</b>	
	PRO – MON - 002	1 de 1	
<p><b>1 CRISOL</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• LIMPIAR LA ESCORIA</li><li>• REVISAR EL NIVEL E INYECCIÓN DEL PLOMO</li><li>• REVISAR SALIDA DE GAS DE LOS QUEMADORES</li><li>• LIMPIAR EL SENSOR DE BAJO NIVEL DE PLOMO</li><li>• REVISAR UNIÓN DE CRISOL Y MOLDE</li></ul> <p><b>2 ESTACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE ELEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• LIMPIAR GENERAL DE LA ESTACIÓN</li><li>• LIMPIAR BANDEJA DE RECOLECCIÓN DE PLOMO</li></ul> <p><b>3 ESTACIÓN DE BANDERAS Y APLICADOR FLUX</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• REVISAR ALTURA DE LOS CEPILLOS</li><li>• REVISAR LA VELOCIDAD DE LOS CEPILLOS</li><li>• CONTROLAR EL NIVEL DE FLUX</li><li>• REVISAR LA ALTURA DE BANDEJA POR FLUX</li><li>• REVISAR FLUJO DE AIRE CALIENTE PARA SECADO DE FLUX</li></ul> <p><b>4 ESTACIÓN DEL MOLDE</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• LIMPIAR LOS CANALES DE NIVEL Y ORIFICIO DE ALIMENTACIÓN</li><li>• LIMPIAR CANALES DE ALIMENTACIÓN</li><li>• REVISAR RESISTENCIAS Y TERMOCUPLAS</li><li>• REVISAR FLUJO DE AGUA Y AIRE PARA ENFRIAMIENTO</li></ul>			
<b>Documento de uso interno</b>	<b>Elaborado por:</b> F.T.R.	<b>Revisado por:</b> A.S.	<b>Aprobado por:</b> R.H.
	<b>Cargo:</b> Técnico de Mantenimiento	<b>Cargo:</b> Jefe de Mantenimiento	<b>Cargo:</b> Jefe de Seguridad Industrial
	<b>Fecha de Elaboración:</b> 15 noviembre 2012	<b>Fecha de Revisión:</b> 14/01/2013	<b>Fecha de Aprobación:</b> 28/01/2013

# ANEXO E

Procedimiento AMEF	Código:	Página																																	
	CAL – AMF - 003	1 de 2																																	
<p><b>1. Objetivo</b>  Detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos.</p> <p><b>2. Alcance</b>  Área de Montaje (proceso o producto)</p> <p><b>3. Procedimiento</b></p> <p style="margin-left: 40px;">1. <u>Determinar el efecto de la falla</u>  <b>Efecto:</b> Cuando el modo de falla no se previene ni corrige, el cliente o el consumidor final pueden ser afectados</p> <p style="margin-left: 40px;">2. <u>Determinar la causa de la falla</u>  <b>Causa:</b> Es una deficiencia que se genera en el Modo de Falla.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Causas relacionadas con el diseño</th> <th style="width: 33%;">Causas que no pueden ser Entradas de Diseño</th> <th style="width: 33%;">Mecanismos de Falla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Selección de Material</td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Ambiente, Vibración, Aspecto Térmico</td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Rendimiento, Fatiga, Corrosión, Desgaste</td> </tr> <tr> <td>Tolerancias / valores objetivo</td> </tr> <tr> <td>Configuración</td> </tr> <tr> <td>Componente de Modos de Falla a nivel de Componente</td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-left: 40px;">3. <u>Determinar el grado de severidad:</u> Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10: '1' consecuencia sin efecto, 10 consecuencia grave.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Efecto</th> <th style="width: 15%;">Rango</th> <th style="width: 52%;">Criterio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No existe</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Sin efecto</td> </tr> <tr> <td>Muy poco</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.</td> </tr> <tr> <td>Poco</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.</td> </tr> <tr> <td>Menor</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td>El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.</td> </tr> <tr> <td>Moderado</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td>El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.</td> </tr> <tr> <td>Significativo</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td>El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.</td> </tr> <tr> <td>Mayor</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td>El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.</td> </tr> </tbody> </table>			Causas relacionadas con el diseño	Causas que no pueden ser Entradas de Diseño	Mecanismos de Falla	Selección de Material	Ambiente, Vibración, Aspecto Térmico	Rendimiento, Fatiga, Corrosión, Desgaste	Tolerancias / valores objetivo	Configuración	Componente de Modos de Falla a nivel de Componente	Efecto	Rango	Criterio	No existe	1	Sin efecto	Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.	Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.	Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.	Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.	Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.	Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Causas relacionadas con el diseño	Causas que no pueden ser Entradas de Diseño	Mecanismos de Falla																																	
Selección de Material	Ambiente, Vibración, Aspecto Térmico	Rendimiento, Fatiga, Corrosión, Desgaste																																	
Tolerancias / valores objetivo																																			
Configuración																																			
Componente de Modos de Falla a nivel de Componente																																			
Efecto	Rango	Criterio																																	
No existe	1	Sin efecto																																	
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.																																	
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.																																	
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.																																	
Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.																																	
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.																																	
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.																																	

Efecto	Rango	Criterio
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada a falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

4. Determinar el grado de ocurrencia: Es necesario estimar el grado de ocurrencia de la causa de la falla potencial. Se utiliza una escala de evaluación del 1 al 10. "1" indica remota probabilidad de ocurrencia, "10" indica muy alta probabilidad de ocurrencia.

Ocurrencia	Rango	Criterios	Probabilidad de Falla
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico.	<1 en 1,500,000
Muy Poca	2	Sólo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un proceso casi idéntico.	1 en 150,000
Poca	3	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 30,000
Moderada	4	Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales.	1 en 4,500
	5		1 en 800
	6		1 en 150
Alta	7	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.	1 en 50
	8		1 en 15
Muy Alta	9	La falla es casi inevitable	1 en 6
	10		>1 en 3

5. Determinar el grado de detección: Se estima la probabilidad de que el modo de falla potencial sea detectado antes de que llegue al cliente. '1' indica alta probabilidad de que la falla se pueda detectar, '10' indica que es improbable ser detectada.

Probabilidad	Rango	Criterio	Probabilidad de detección de la falla
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia.	99.99%
Medianamente alta	2 a 5	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia.	99.7%
Baja	6 a 8	El defecto es una característica fácilmente identificable.	98%
Muy Baja	9	No es fácil detecta la falla por métodos usuales o pruebas manuales. El defecto es una característica oculta o intermitente.	90%
Improbable	10	La característica no se puede checar fácilmente en el proceso. Ej.: Aquellas características relacionadas con la durabilidad del producto.	Menor a 90%

6. Calcular el número de prioridad de riesgo (NPR): Es un valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla, identificando ítems críticos.

$$NPR = \text{Grado de Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección.}$$

NPR	Criterio
500 – 1000	Alto riesgo de falla
125 – 499	Riesgo de falla medio
1 – 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

## ANEXO F

### STOCK DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección Personal	EPP	Frecuencia	Cantidad Requerida	Stock de Seguridad	Stock en Bodega	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Protección sistema respiratorio	Filtro para mascarilla 2096	Semanal	120	24	144	144	144	144	144	144	144
Protección a los Oídos	Protector auditivo	Mensual	528	106	634	634	634	634	634	634	634
Protección sistema respiratorio	Arnes de Mascarilla	Anual	24	5	29	29	29	29	29	29	29
Protección de Ojos y Cara	Gafas para polvo	Semestral	48	10	58	58	58	58	58	58	58
Protección de Manos	Guantes de lana	Mensual	24	5	29	29	29	29	29	29	29
Protección de Ojos y Cara	Protección facial (careta para soldar)	Anual	24	5	29	29	29	29	27	29	29
Protección de Pies	Zapatos seguridad	Anual	24	5	29	29	29	29	29	29	29
Ropa Protectora	Mandil de cuero	Semestral	48	10	58	58	58	58	58	58	58



# ANEXO G

## MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS

ÁREA	EQUIPO	ACTIVIDAD	FACTOR RIESGO	FUENTE DE RIESGO	POSIBLES EFECTOS	Número de Expuestos	Tiempo de Exposición (hora/turno)	Efecto/ Salud	Exposición	Calificación	Calificación	CONSECUENCIA	PROBABILIDAD	EXPOSICIÓN	G.P.	INT. 1	% Expuestos	F.P.	G.R.	INT. 2	Recomendación	EPP			
MONTAJE	Máquinas MAC COS I y II	Elaboración de terminales internas y externas	Químicos	Plomo (polvo)	Intoxicación por plomo. Irritación del sistema respiratorio. Irritación ojos.	8	8	2	4	24	Alta											Sistema de extracción de polvos	Mascarilla 2096 Mandil de cuero Guantes de caucho Gafas para polvos		
			Físicos	Salpicaduras de plomo fundido	Quemadura	8	8	2	4	24	Alta												Letreros de advertencia	Guantes para altas temperaturas Mandil de cuero Protección facial	
			Físicos	Calor	Estrés térmico	8	8	2	4	24	Alta													Mejoramiento de sistema de inyección de aire Hidratación del personal	No aplica
			Físicos	Uso de GLP (encendido de Crisol)	Quemaduras. Explosión/Incendio.	10	1	3	1	31	Media													Encendido automático	No aplica
			Mecánicos	Partes en movimiento	Aplastamiento, golpes, cortes	8	8							6	6	7	252	Bajo	4%	1	252	Bajo	Resguardos de máquinas	No aplica	
			Ergonómicos	Levantamiento de pesos	Lesiones en la columna	8	8	2	4	24	Alta														Ninguna
Encajonado	Colocar grupos en caja	Químicos	Plomo (polvo)	Intoxicación por plomo. Irritación del sistema respiratorio. Irritación ojos.	8	8	2	2	24	Alta												Sistema de extracción de polvos	Mascarilla 2096 Mandil de cuero Guantes de caucho Gafas para polvos		
		Mecánicos	Viruta	Impacto/golpe de viruta	8	8						6	4	7	168	Bajo	4%	1	192	Bajo	Ninguna	Gafas			
		Físicos	Partes calientes	Quemaduras por contacto	8	8	2	4	24	Alta												Letreros de advertencia. Selección de EPP adecuado (guantes)	Guantes de cuero Mandil de cuero		
Soldado eléctrico	Soldado eléctrico de terminales	Químicos	Plomo (polvo)	Intoxicación por plomo. Irritación del sistema respiratorio. Irritación ojos.	4	8	2	4	24	Alta												Sistema de extracción de polvos	Mascarilla 2096 Mandil de cuero Guantes de caucho Gafas para polvos		
		Físicos	Salpicaduras de plomo fundido	Irritación del sistema respiratorio	4	8	2	4	24	Alta												Letreros de advertencia Protector de máquina	Guantes de cuero Protector facial Respirador 2096		
		Mecánicos	Partes en movimiento (mordaza)	Irritación ojos	4	8						6	6	7	252	Bajo	4%	1	252	Bajo	Resguardos de máquinas Implementación de manubrio porta-batería	No aplica			
Pegado térmico	Pegado de tapas en caja	Químicos	Plomo (polvo) / humos de polipropileno	Irritación del tracto respiratorio, dolor del pecho y dolor abdominal. Irritación en los ojos y piel. Afectación de sistema nervioso central.	4	8	2	4	24	Alta												Sistema de extracción de gases	Mascarilla 2096 Mandil de cuero Guantes de caucho		
		Físicos	Calor	Estrés térmico	4	8	2	4	24	Alta													Mejoramiento de sistema de inyección de aire Hidratación del personal	No aplica	
		Mecánicos	Partes en movimiento (mordaza)	Aplastamiento, golpes, cortes	4	8						6	6	7	252	Bajo	4%	1	252	Bajo	Resguardos de máquina	No aplica			
Acabado de bornes	Elaboración de bornes	Químicos	Plomo (humo, polvo)	Irritación de tracto respiratorio, dolor del pecho y dolor abdominal. Irritación en los ojos y piel. Afectación de sistema nervioso central.	4	8	2	4	24	Alta												Sistema de extracción de gases	Mascarilla 2096 Mandil de cuero Guantes de caucho		
		Físicos	Calor	Estrés térmico	4	8	2	4	24	Alta													Trabajar con llama baja Mejoramiento de sistema de inyección de aire Hidratación del personal Aislamiento térmico en campana	No aplica	
		Mecánicos	Partes en movimiento (mordaza)	Aplastamiento, golpes, cortes	4	8						6	6	7	252	Bajo	4%	1	252	Bajo	Resguardo de máquinas con sensores automáticos	No aplica			
		Físicos	Salpicaduras de plomo fundido	Quemadura	4	8	2	4	24	Alta													Letreros de advertencia Protector de máquina	Guantes de cuero Protector facial Respirador 2096	
		Físicos	Ruido	Hipoacusia	4	8	3	4	34	Muy alta													Monitoreo de ruido	Orejeras	

# APÉNDICE H

## AUTOEVALUACIÓN 5s'S

ÁREA: Montaje \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: A.S \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

Marque de 1 a 5, siendo 1 el menor y 5 el mayor

#	ÍTEM A EVALUAR	JULIO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE
<b>SEPARAR</b>				
1	¿Existen objetos innecesarios, chatarra y basura en el piso?	2	2	4
2	¿Existen equipos, herramientas y materiales innecesarios?	1	2	3
3	¿En armarios y estanterías hay cosas innecesarias?	2	3	3
4	¿Hay cables, mangueras y objetos en áreas de circulación?	4	3	3
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>9</b>	<b>10</b>	<b>13</b>
<b>ORDENAR</b>				
¿Cómo es la ubicación/devolución de herramientas, materiales y equipos?				
1	¿Los, armarios, equipos, herramientas están identificados?	2	2	4
2	¿Hay objetos sobre y debajo de armarios y equipos?	1	1	2
3	¿Ubicación de máquinas y lugares?	1	3	3
4		3	4	4
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>7</b>	<b>10</b>	<b>13</b>
<b>LIMPIAR</b>				
1	¿Grado de limpieza de los pisos?	3	3	3
2	¿El estado de paredes, techos y ventanas?	3	3	3
3	¿Limpieza de armarios, estanterías, herramientas y mesas?	2	2	3
4	¿Limpieza de máquinas y equipos?	4	4	4
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>12</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>ESTANDARIZAR</b>				
1	¿Se aplican las 3 primeras S?	2	2	3
2	¿Cómo es el hábitat de la planta?	1	1	1
3	¿Se hacen mejoras?	2	3	4
4	¿Se aplica el control visual?	2	4	4
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>7</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
<b>AUTODISCIPLINA</b>				
1	¿Se aplican las cuatro primeras S?	2	2	3
2	¿Se cumplen las normas de la empresa y del grupo?	3	3	4
3	¿Se usa uniforme de trabajo?	5	5	5
4	¿Se cumple con la programación de las acciones 5S?	2	3	4
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>12</b>	<b>13</b>	<b>16</b>

# ANEXO I

## Plan piloto de Implementación TPM para el Área de Montaje

Etapa	Actividad	Costo Insumos	Recursos	días	horas	Costo MO	Costo
PLANIFICACIÓN	realizar diagnóstico		2	20	4	4	\$ 640,00
	Elaborar plan de implementación		2	5	2	4	\$ 80,00
	Formar del equipo de trabajo		1	3	3	4	\$ 36,00
	Realizar taller de introducción a la Herramienta TPM	\$ 20,00	1	2	8	4	\$ 64,00
	Realizar taller de introducción a la metodología 5s's	\$ 20,00	1	2	8	4	\$ 64,00
EJECUCIÓN	SEIRI - Implementación	\$ 400,00	8	30	2	4	\$ 1.920,00
	SEITON - Implementación	\$ 150,00	8	30	2	4	\$ 1.920,00
	SEISO - Implementación	\$ 500,00	8	30	2	4	\$ 1.920,00
	SEIKETSU - Implementación	\$ 500,00	8	30	2	4	\$ 1.920,00
	SHITSUKE - Implementación	\$ 200,00	8	30	2	4	\$ 1.920,00
	Mejoras enfocadas - Implementación	\$ 150,00	8	30	2	4	\$ 1.920,00
	Mantenimiento autónomo - Implementación		8	30	2	4	\$ 1.920,00
	Mantenimiento planificado - Implementación		8	15	2	4	\$ 960,00
	Mantenimiento preventivo - Implementación		8	5	2	4	\$ 320,00
	Mantenimiento de la calidad - Implementación		8	5	2	4	\$ 320,00
Educación y entrenamiento - Implementación	\$ 600,00	8	30	1	4	\$ 960,00	
CONTROL	Auditorías TPM - Implementación	\$ 25,00	2	4	1	4	\$ 32,00
<b>TOTAL</b>		\$ 2.565,00					\$ 16.916,00
		\$ 19.538,00					

## ANEXO J

### Cronograma de incentivos para programa piloto de Implementación TPM

ÁREA	INCENTIVO	2013												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
<b>MONTAJE</b>	Reconocimiento al mejor trabajador del año													
	Reconocimiento por tiempo de servicio													
	Reconocimiento al empleado del mes													
	Incentivo para realizar cursos relacionados a TPM													

## ANEXO K

### Cronograma de inducción para programa piloto de Implementación TPM

ÁREA	Actividad	Jefe	Supervisor	Técnico	Mecánico	Asistente	SI/NO
<b>Montaje</b>	Misión, visión, objetivo de Mantenimiento						
	Filosofía 5s's						
	SEIRI - Formatos						
	SEITON - Formatos						
	SEISO - Formatos						
	SEIKETSU - Formatos						
	SHITSUKE - Formatos						
	Herramienta TPM - pilares de mantenimiento						
	Tablero de control, indicadores						
	Gráficas de tendencia						
	Seguimiento a indicadores						
	Fichas de equipos						
	Procedimientos						
	Guías operativas						
	Lista de chequeo de equipos						
	Órdenes de trabajo						
	Plan de mantenimiento						
	AMEF						
	Plan de mantenimiento						
	Identificación de peligros y evaluación de riesgos						
	Plan de capacitación						
Análisis de resultados							
Plan de auditoría - Formatos							

## ANEXO L

### Cronograma plan de auditoría piloto de Implementación TPM

Actividad	2013											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Seiri												
Seiton												
Seiso												
Seiketsu												
Shitsuke												
Mejoras enfocadas												
Mantenimiento autónomo												
Mantenimiento planificado												
Mantenimiento preventivo												
Mantenimiento de la calidad												
Educación y entrenamiento												

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gómez Félix; Tecnología del mantenimiento industrial, Murcia 1998, página 23-25.
2. Fuente: Stephen P. Robins, David A. DeCenzo, Fundamentos de administración: conceptos esenciales y aplicaciones.
3. Jean-Paul Sorius, El mantenimiento fuente de beneficios, ediciones Díaz de Santos, página 71.
4. Alberto Sols, Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad: un enfoque sistemático, Ediciones Díaz de Santos, página 238.
5. Morrow; Manual de mantenimiento industrial. Editorial Continental, México 1981, página 105
6. Nakajima, TPM, 1989.
7. Jorge Acuña Acuña, Ingeniería de Confiabilidad
8. Manuel Francisco Suárez, Mejoras enfocadas, Editorial Panorama, página 117
9. Rey Francisco, Mantenimiento total de la producción, Fundación Confemetal Editorial, página 57.

10. Luís Cuatrecasas, Francesca Torrell, El Mantenimiento Autónomo: la base de la implementación del TPM, Fundación Profit Editorial, página 129.
11. Santiago García Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, Ediciones Díaz de Santos, página 31
12. Luis Cuatrecasas y Francesca Torrell, TPM en un entorno Lean Management.
13. Richard C. Vaughn, Introducción a la ingeniería industrial, editorial Reverté, página 153.
14. Lluís Cuatrecasas - Francesca torrell, TPM en un entorno Lean Management, Profit Editorial, página 137.
15. Francisco Rey Sacristán Las 5S: Orden y limpieza en el puesto de trabajo, FC Editorial 2005.
16. Luis Néstor Miranda rivera, Seis sigma/guía para principiantes, Panorama 2006, página 76
17. Automecanico.com

## REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS

- 1.- Gómez Félix, Tecnología del mantenimiento industrial, Murcia 1998, página 23-25
- 2.- Fuente: Stephen P. Robins, David A. DeCenzo, Fundamentos de administración: conceptos esenciales y aplicaciones
- 3.- Jean-Paul Sorius, El Mantenimiento fuente de beneficios, Ediciones Díaz de Santos, página 71.
- 4.- Alberto Sols, Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad: un enfoque sistemático, Ediciones Díaz de Santos, página 238.
- 5.- Morrow; Manual de mantenimiento industrial. Editorial Continental, México 1981, página 105
- 6.- Fuente: Félix Cesareo, Tecnología del mantenimiento industrial
- 7.- Jean-Paul Souris, el mantenimiento: Fuente de beneficios, Editorial Díaz de Santos
- 8.- Lluís Cuatrecasas - Francesca Torrel, TPM en un entorno Lean Management, Profit Editorial, página 137.
- 9.- Francisco Rey Sacristán Las 5S: Orden y limpieza en el puesto de trabajo, FC Editorial 2005.
- 10.- Nakajima, TPM, 1989.
- 11.- Jorge Acuña Acuña, Ingeniería de Confiabilidad



- 12.- Manuel Francisco Suárez, Mejoras enfocadas, Editorial Panorama, página 117.
- 13.- Fuente: autores del documento
- 14.- Rey Francisco, Mantenimiento total de la producción, Fundación Confemetal Editorial, página 57.
- 15.- Lluís Cuatrecasas, Francesca Torrell, El Mantenimiento Autónomo: la base de la implementación del TPM, Fundación Profit Editorial, página 129.
- 16.- Fuente: Autores del documento
- 17.- Fuente: Autores del documento
- 18.- Richard C. Vaughn, Introducción a la ingeniería industrial, editorial Reverté, página 153.
- 19.- Santiago García Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, Ediciones Díaz de Santos, página 31
- 20.- Luis Cuatrecasas y Francesca Torrell, TPM en un entorno Lean Management.
- 21.- Luis Néstor miranda rivera, Seis sigma/guía para principiantes, Panorama 2006, página 76
- 22.- Automecanico.com
- 23.- Para el cálculo de criticidad se utiliza lasTécnicas de jerarquización de activos - Análisis de criticidad, tomado del libro Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos.