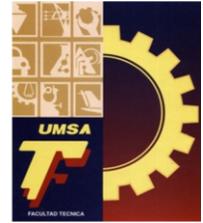




**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD TÉCNICA  
CARRERA DE ELECTRICIDAD**

---



**PROYECTO DE GRADO:**

**“PROGRAMA Y PROCEDIMIENTOS PARA EL  
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO INDUSTRIAL”**

**Director de Carrera:** Lic. Eduardo Quinteros Rodríguez

**Tutor:** Ing. Jorge Zarate Sanabria

**Postulante:** Felix Eleuterio Mendoza Poma

**Nivel:** Licenciatura

La Paz - Bolivia

2010

**“PROGRAMA Y PROCEDIMIENTOS PARA EL**

# MANTENIMIENTO ELÉCTRICO INDUSTRIAL”

## INDICE

1. Introducción.
2. Base teórica del problema.
  - 2.1. Interacción entre las fases.
    - 2.1.1. Proyecto.
    - 2.1.2. Fabricación.
    - 2.1.3. Instalación.
    - 2.1.4. Puesta en marcha.
    - 2.1.5. Operación.
    - 2.1.6. Mantenimiento.
    - 2.1.7. Gerencia.
3. Objetivos.
  - 3.1. Objetivo General.
  - 3.2. Objetivos Específicos.
4. Gestión del mantenimiento.
  - 4.1. Estrategias para el mantenimiento.
  - 4.2. Aspectos estratégicos.
  - 4.3. Beneficios de la Planeación Estratégica.
  - 4.4. Etapas del Proceso Estratégico.
  - 4.5. Organización del mantenimiento.-

- 4.6. Planificación y control del mantenimiento.
- 4.7. Misión del mantenimiento.
- 5. Tipos de mantenimiento y sus aplicaciones.
  - 5.1. Mantenimiento preventivo.
  - 5.2. Mantenimiento Proactivo.
  - 5.3. Mantenimiento Predictivo.
  - 5.4. Mantenimiento Planificado.
  - 5.5. Mantenimiento No Planificado.
  - 5.6. Ingeniería de Mantenimiento.
  - 5.7. Las “5S” del Mantenimiento.
- 6. Organización y planificación del mantenimiento eléctrico.
  - 6.1. Política del mantenimiento eléctrico planificado.
  - 6.2. Objetivos del mantenimiento eléctrico.
  - 6.3. Estructura del mantenimiento eléctrico.
    - 6.3.1. Estructura descentralizada.
    - 6.3.2. Estructura Centralizada.
    - 6.3.3. Estructura Mixta.
  - 6.4. Requerimientos para el mantenimiento eléctrico.
    - 6.4.1. Equipo de mantenimiento eléctrico.
    - 6.4.2. Áreas de mantenimiento eléctrico.
  - 6.5. Principios del mantenimiento eléctrico.
    - 6.5.1. Responsabilidad.
    - 6.5.2. Uso funcional.

6.5.3. Parte integral de la organización.

6.5.4. Adiestramiento.

6.5.5. Sistematización y periodicidad de las funciones.

6.5.6. Acción oportuna.

6.5.7. Función de servicio.

6.5.8. Apoyo multidisciplinario.

6.5.9. Auditoría Técnica e inventario.

6.6. Organización de la unidad de mantenimiento eléctrico.

6.6.1. Factores de la naturaleza local.

6.6.2. Proceso de organización.

6.6.3. El responsable de mantenimiento.

a) Sus cualidades.

b) Organizar su tiempo.

c) Debe contribuir a la solución de los problemas.

d) Dirigir ayudando a solucionar con nuevos métodos.

e) Ser eficaz y realista, intervenir el tiempo preciso y no ser redundante.

6.7. Equipos de mantenimiento eléctrico.

6.8. Recursos financieros para el mantenimiento eléctrico.

6.8.1. Los Costos y los Gastos.

6.8.2. Los Costos en Mantenimiento.

6.8.3. Mantenimiento y su estructura de costos.

6.9. Planificación del mantenimiento eléctrico.

7. Programa y procedimientos del mantenimiento eléctrico.

## 7.1. Criterios que determinan prioridades.

- A. Fallas de Prioridad.
- B. Fallas de segunda prioridad.
  - a) Fallas críticas.
  - b) Fallas No críticas.
- C. Fallas de tercer orden.
- D. Detección por mal funcionamiento o parada.
- E. Inspección e identificación de fallas.
- F. Reparación provisional.
- G. Análisis técnico económico.

## 7.2. Decisión.

### 7.2.1. Tramites de contratación.

### 7.2.2. Reporte de costos.

## 7.3. Planillas para la toma de datos en mantenimiento eléctrico.

## 7.4. Diagrama de lógico para el mantenimiento eléctrico.

## 8. Métodos y herramientas para el mantenimiento eléctrico.

## 9. Conclusiones y recomendaciones.

## 10. Bibliografía.

## 11. Anexos.

El ser humano se desarrolla en ambientes saludables, por lo tanto, el conocimiento sobre el Medio Ambiente es un paso fundamental y decisivo.

Rescatemos nuestra **SABIDURÍA ANCESTRAL**, cuyas principales bondades están en el uso racional de los recursos, preservación del medio ambiente y buena distribución de la producción sostenida.

DEDICADO A MI FAMILIA:

Jahel Rosario Ayala Ticona  
Rumi Sebastián Mendoza Ayala  
Amaya Yuma Mendoza Ayala

**“PROGRAMA Y PROCEDIMIENTOS PARA EL**

# MANTENIMIENTO ELÉCTRICO INDUSTRIAL”

## 1. Introducción.-

En los últimos veinte años la actividad de mantenimiento eléctrico ha pasado por más cambios que cualquier otra actividad, a consecuencia del aumento rápido del número de ítems físicos que tienen que ser mantenidos.

Otros aspectos están ligados a la complejidad de los nuevos proyectos, nuevas técnicas de mantenimiento, nuevos métodos organizacionales.

La Misión del Mantenimiento es el de garantizar la disponibilidad de la función de los equipamientos e instalaciones con la finalidad de atender un proceso de producción o de servicios, con confiabilidad, seguridad, preservación del medio ambiente y costo adecuados.

La falta de calidad en el mantenimiento provoca la repetición del trabajo que no es más que una falla prematura.

La falta de calidad de la operación y la calidad intrínseca del equipamiento/sistema provoca la pérdida de producción.

La mayor parte de los procesos en producción están ligados a una conexión eléctrica y deben ser atendidos por personal competente en estas áreas específicas.

Los tiempos de parada influyen bastante en los costos de producción y por ende también influyen en los costos de reparación. Una falla no esperada puede modificar los costos del mantenimiento debido a la urgencia de intervenir inmediatamente en forma desmedida para resolver el problema suscitado.

Existen programas de mantenimiento que son aplicados en Soboce S.A. pero que en el caso del mantenimiento eléctrico le falta mejorar sus procedimientos.

El crecimiento y la automatización en las industrias, con la consecuente complejidad que sobrevino, destacaron aun más el papel de la actividad de mantenimiento de equipos e instalaciones, no solo como requisito para preservar el patrimonio y la continuidad operacional de estas unidades, sino, también, como un medio de la consecución de metas y resultados operacionales.

Por tanto se hace imprescindible en nuestra época la incorporación de las especialidades en mantenimiento, ese es el caso del Mantenimiento eléctrico de plantas de producción mediante un programa y procedimientos para estas tareas.

La fabricación debe ser debidamente controlada, incorporándole los requisitos de modernidad y aumento de la confiabilidad de los equipamientos, así como también las exigencias propias de la práctica del mantenimiento.

La conducción moderna de los negocios requiere un cambio profundo de mentalidad y de posturas gerenciales, que estén orientadas a una visión de futuro y regida por la satisfacción constante del cliente mediante el logro de los resultados en calidad en sus servicios y la calidad total de sus procesos.

## **2. Base teórica del problema.-**

Procedimientos de mantenimiento con calidad, tomando como referencia indicadores de desempeño de una de las mejores empresas en Bolivia, tal es el caso una de las Plantas de la Sociedad Boliviana de Cemento S.A. (SOBOCE S.A.)

Aumento de la confiabilidad y disponibilidad de las unidades industriales a través del trabajo integrado con la operación, mantenimiento y dirección en general.

Incorporación de temas de estudio en la formación de profesionales en mantenimiento eléctrico industrial en general y la investigación en temas que fortalezcan las tareas del mantenimiento en plantas industriales.

### **2.1. Interacción entre las fases.-**

En todo sistema de producción industrial, la disponibilidad y confiabilidad dependen de la sincronización correcta en cada una de las fases que intervienen en una planta industrial comprometida con la calidad y la mejora continua, tales son; Proyecto, Fabricación, Instalación, Puesta en Marcha, Operación, Mantenimiento, Gerencia).

Si existe desfases entre estas fases el mantenimiento se complicará a pesar de que se apliquen las técnicas muy modernas en mantenimiento, lo cual influirá en la confiabilidad que se verá disminuida.

#### **2.1.1. Proyecto.-**

Cuando se está proyectando el estudio de las necesidades debe incluir a los actores de operación y mantenimiento, para que se tomen detalles específicos para sus tareas específicas propias de su actividad laboral, esto influirá en forma directa en las demás fases y la economía y el desempeño.

Dentro el desempeño podemos citar a la Confiabilidad, Productividad, Calidad del producto final, Seguridad y la preservación ambiental. Sin olvidar el costo–eficiencia obtenido.

El equipo a ser elegido debe adecuarse al tipo de proyecto, capacidad inherente esperada, su relación de costo-eficiencia. La estandarización con otros equipos del mismo proyecto y de equipamientos ya existentes en la instalación, con el fin de reducir los ítems de repuestos y facilidades de mantenimiento y operación.

### **2.1.2. Fabricación.-**

Toda fabricación debe ser debidamente controlada sin descuidar los parámetros de modernización y aumento de confiabilidad de los equipamientos, también es imprescindible que se someta a las prácticas de mantenimiento para que se inicie un historial de registros y enriquecidos por el personal de mantenimiento. Esto constituye el valor histórico del equipamiento para la toma de decisiones políticas en equipamiento y mantenimiento futuro.

### **2.1.3. Instalación.-**

En esta fase se preverán los cuidados con la calidad de implementación del proyecto y las correspondientes técnicas para lograr este fin.

Si la calidad no es controlada pueden introducirse potenciales fallas al sistema que pueden estar ocultos por mucho tiempo y que se manifestarán cuando se requiera un máximo de rendimiento del mismo y que es cuando se requiere de mayor confiabilidad.

### **2.1.4. Puesta en marcha.-**

La puesta en marcha indica el comportamiento futuro del sistema que está regido por mediciones y toma de datos que sirven para los ajustes necesarios antes de la operación.

Cada momento de esta fase toma su tiempo para establecer los parámetros de funcionamiento que a su vez determinarán los tipos y la calidad del mantenimiento a aplicarse. También se pone a prueba la confiabilidad de los equipos y su nivel de coordinación.

Los datos registrados en esta fase son la base de la documentación para el registro histórico del mantenimiento, por eso es importante que el personal de mantenimiento y operación estén presentes.

### **2.1.5. Operación.-**

Para la operación de nuevo equipamiento debe concluirse con la capacitación respectiva al personal de operación.

Para los casos en que intervengan equipamientos nuevos y antiguos se requerirá la correcta sincronización de los procesos en cada uno de ellos, para tomar en cuenta las posibles incorporaciones de personal.

Sin embargo es imprescindible que se tomen los recaudos necesarios para que la operación garantice la confiabilidad y la economía de la empresa.

### **2.1.6. Mantenimiento.-**

Esta es la fase que garantiza la función de los equipamientos, sistemas e instalaciones durante el transcurso de su vida útil y evitar la disminución del desempeño.

Es en esta fase donde se notan las deficiencias del proyecto, en la selección del equipamiento correcto y su instalación.

### **2.1.7. Gerencia.-**

La dirección de todas las fases no planificada es un riesgo para que la confiabilidad, la calidad, la mejora continua y la economía del proyecto peligran.

La asignación de recursos suficientes en el presupuesto de las actividades en todas las fases refuerza el nivel de eficiencia esperado para el cumplimiento de los objetivos trazados. Pero sobre todo compromete a la alta dirección en el apoyo constante en las tareas de Mantenimiento.

Sin el apoyo de la Gerencia las tareas de mantenimiento suelen convertirse en tareas quijotescas y de emergencias no planificadas que repercuten en la economía de la empresa.

## **3. Objetivos.-**

### **3.1. Objetivo General.-**

“Preservar el patrimonio y la continuidad operacional de las unidades productivas mediante el Mantenimiento Eléctrico Industrial.”

### 3.2. Objetivos Específicos.-

- ✓ Desarrollar un programa con procedimientos del Mantenimiento Eléctrico para las tareas de mantenimiento de plantas de producción.
- ✓ Contribuir con la disminución de los costos de operación y de producción.
- ✓ Contribuir a la preservación del medio ambiente mediante la correcta aplicación de programas de mantenimiento eléctrico.

### 4. Gestión del mantenimiento.-

#### ¿Qué es el MANTENIMIENTO?

Es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico para que pueda cumplir un servicio determinado.

Algunas definiciones propuestas<sup>1</sup>:

- Klijin A. – 2000 “Mantener no solo significa tener el equipo funcionando, sino tenerlo en la más alta condición de servicio. Con ello el equipo y la compañía, pueden y cumplirán con las severas condiciones impuestas por los reglamentos técnicos y las normas medioambientales”.
- Cabral J.S. – 1998 “La combinación de acciones de gestión, técnicas y económicas, aplicadas a los bienes para la optimización de su ciclo de vida, entendiéndose por bien el conjunto concebido para asegurar una determinada función”.
- Pessoa A. – 1997 “El conjunto de acciones y medidas destinadas a garantizar el correcto funcionamiento de una instalación productiva, evitando de esa forma que baje el rendimiento o que sus elementos productivos dejen de funcionar”.
- Farinha J.M. – 1994 “El concepto de mantenimiento viene incluido en el concepto de aumentar su habito a diversificar las estrategias de intervención. Esta inclusión fue acompañada del reconocimiento de su importancia en el conjunto de las actividades empresariales y de su interpretación con otras áreas funcionales”.

---

<sup>1</sup> “Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento” – Ramiro W. Peralta Uría

- Souris J.P. – 1992 “Todas las definiciones, oficiales o no, tienden a presentar esta función como sinónimo de garantía en la disponibilidad de los equipamientos de producción”.

Dicho de otro modo también; “La consecución de un determinado número de horas disponibles de funcionamiento de la planta, instalación, máquina o equipo, en condiciones de calidad de fabricación o servicio exigible con el mínimo costo y el máximo de seguridad para el personal que utiliza y mantiene las instalaciones y maquinaria”

Para el correcto desempeño de la función del mantenimiento se debe tomar en cuenta que la rentabilidad, el crecimiento, el posicionamiento y la competitividad, son de responsabilidad gerencial. Es decir que el mantenimiento por si solo no es mantenimiento.

- ⇒ Rentabilidad
- ⇒ Crecimiento
- ⇒ Posicionamiento
- ⇒ Competitividad

#### 4.1. Estrategias para el mantenimiento.-

“La planeación estratégica es un proceso apasionante que permite a la organización ser proactiva en vez de reactiva en la formulación de su futuro”

“La planeación estratégica puede definirse como la formulación, ejecución y evaluación de acciones que permitan que una organización logre sus objetivos”

“La planeación estratégica se puede describir como un enfoque objetivo y sistemático para la toma de decisiones de una organización”

- Peter Drucker afirma que la tarea primordial de la Planeación Estratégica consiste en pensar en la misión del negocio, es decir, formularse las preguntas ¿cuál es nuestro negocio? Y ¿cuál debería ser? Esto nos conduce a la fijación de objetivos, al desarrollo de estrategias y planes y la toma de decisiones hoy para los resultados del mañana.

No basta con ser eficientes en las tareas del mantenimiento, el propósito a seguir es la eficacia, es decir que la velocidad de actuación es de vital importancia para mantener la disponibilidad de las operaciones de producción, reducir los riesgos de paradas no planificadas.

- La planificación es un extenso proceso mediante el cual los directivos formulan los objetivos específicos de su organización y desarrollan los planes para alcanzarlos. Este proceso de planificación es vital, ya que los

objetivos o las metas que en él se fijen, delimitarán el alcance de las actividades de la organización y el de sus planes.

#### **4.2. Aspectos estratégicos.-**

Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos estratégicos:

- Portafolio de productos, bienes y servicios.
- Escalamiento de precios.
- Planes publicitario y promocional.
- Red de distribución o de prestación del servicio.
- Estrategias de servicio al cliente.

Se debe planear la modelación de plantas industriales con el objeto de tomar decisiones en el tipo de mantenimiento a aplicarse, basándose en una metodología y así formular las estrategias que ayuden a llegar al objetivo, a saber:

- Mantenimiento centrado en el negocio – BCM
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad – RCM
- Mantenimiento Productivo total – TPM

#### **4.3. Beneficios de la Planeación Estratégica.-**

- Capacidad de influir en el medio.
- Base objetiva para la asignación de recursos.
- Las empresas que emplean la planeación estratégica son más rentables y exitosas.
- Se toma una mayor conciencia de las amenazas ambientales, mayor comprensión de las estrategias de los competidores, mayor productividad del personal, menor resistencia al cambio y una visión más clara de las relaciones desempeño recompensa.

#### **4.4. Etapas del Proceso Estratégico.-**

- Ddefinición o formulación conceptual de la estrategia.
- Ejecución de la estrategia.
- Evaluación de estrategias

#### **4.5. Organización del mantenimiento.-**

La organización implica también el conocimiento consciente de los miembros que componen el equipo de mantenimiento en general, también saber cuánta carga de trabajo se aplicará en mantenimiento, entonces la predicción de esta carga de trabajo obedece a una dirección del mantenimiento que se recomienda que esté en coordinación con el personal en general que comprende el equipo de mantenimiento.

En este acápite deberá evaluarse la posible contratación de terceros para la función propia del mantenimiento o la posibilidad de asumirla como tarea propia.

La decisión que se adopte determinará la estructura de costos en las tareas del mantenimiento que a su vez tendrá su incidencia en la estructura administrativa del mantenimiento y sus respectivas funciones.

#### **4.6. Planificación y control del mantenimiento.-**

La planificación del mantenimiento también está orientada a su control por parte de las direcciones jerárquicas, pueden elaborarse diagramas que orienten la ubicación de estas tareas.

Saber cuándo reparar en el lugar de la falla o reemplazarlo puede afectar de forma positiva o negativa en el presupuesto y/o en el tiempo de operación y producción.

Cada máquina tiene un tiempo de vida que viene determinado por las características del fabricante que la dirección del mantenimiento debe administrar en forma efectiva controlando con el correspondiente tipo de mantenimiento, para lo cual se recomienda la modelación de sistemas de planificación.

Es imprescindible contar con herramientas informáticas para la planificación y administración del mantenimiento en tareas mayores, esto ayuda a disminuir el papeleo confuso al interior de la empresa y propiamente al mantenimiento.

Deben elaborarse indicadores de eficiencia y efectividad medible por las direcciones jerárquicas de la empresa industrial para que la gestión de inventarios y repuesta sea coherente a las intervenciones en mantenimiento.

Relaciones entre inventarios de planta, bases de datos en archivos, planificación del trabajo en mantenimiento y sistemas de control desde todas las direcciones de la empresa industrial, esta integración evita el cruce de tareas en mantenimiento y también evita las tareas innecesarias de mantenimiento, que podría afectar a la economía asignada al mantenimiento.

#### 4.7. Misión del mantenimiento.-

Garantizar la disponibilidad de la función de los equipos e instalaciones con la disponibilidad de atender un proceso de producción o de servicios con confiabilidad seguridad, prevención, del medio ambiente y costos adecuados.<sup>2</sup>

### 5. Tipos de mantenimiento y sus aplicaciones.-

#### 5.1. Mantenimiento preventivo.-

“Es la acción realizada con el objetivo de reducir o evitar la falla, o la caída del desempeño, obedeciendo a un plan previamente elaborado, basado en INTERVALOS DE TIEMPO definidos”.

Realizado por periodos de tiempo continuos y ejecutado por el personal de mantenimiento de la empresa.

Su objetivo es de mantener y alargar la vida útil de los sistemas productivos, realizando tareas programadas en el tiempo para evitar su desgaste (calibración, ajuste, limpieza, otros)

Normalmente se trabaja en condiciones operacionales y medioambientales diferentes a los recomendados por el fabricante o simplemente los fabricantes no especifican datos precisos para el mantenimiento preventivo que influyen en el deterioro de los equipos y maquinaria, por lo que estas características y condiciones deben ser adoptados o diseñados en función a las características del ambiente de trabajo o contrastados con plantas similares.

Los factores que a continuación se detallan pueden definir la adopción del Mantenimiento Preventivo:

- Cuando no es posible el Mantenimiento Predictivo.
- Aspectos relacionados con la seguridad personal o de la instalación que hacen imprescindible la intervención, por lo general de componentes.
- Cuando existe la oportunidad de intervenir en equipamientos críticos de difícil liberación operacional.
- Riesgos de agresión al medio ambiente.
- En sistemas complejos y/o de operación continua.
- Mayor facilidad de reposición.

---

<sup>2</sup> “Gestión integral del mantenimiento” Angel J. Lorenzo A.

Es un mantenimiento ejecutado a intervalos de tiempo predeterminados o de acuerdo a un criterio prescrito el cual busca reducir la probabilidad de falla o la degradación del equipo.

Es conocido como el proceso aplicado a equipos o sistema para buscar y corregir problemas menores que permitan evitar fallo. Por medio de un conjunto de actividades periódicas y sistemáticas la maquinaria es intervenida para adelantarnos a la avería.

La tendencia actual, cuando se trata de esta modalidad, es involucrar a los operarios de plantas en la ejecución de tareas rutinarias y sencillas, las más complejas son ejecutadas por mantenimiento.

## **5.2. Mantenimiento Proactivo.-**

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar consientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

## **5.3. Mantenimiento Predictivo.-**

Consiste en predecir el estado y grado de fiabilidad de una máquina o instalación sin necesidad de pararla.

Se trata de un conjunto de tareas que tiene la finalidad de obtener información para el diagnóstico de fallas incipientes que permitan formar acción antes de la pérdida de función del equipo.

Este tipo de mantenimiento se basa en monitoreo de las variables indicadores del deterioro de la condición.

Su principal ventaja viene de ajustar con mayor precisión el ciclo de vida real de los componentes susceptibles de recambio o renovación. Sin embargo, los inconvenientes que suele presentar son los elevados costos de los sofisticados

equipos de medida y la cualificación técnica del personal que realiza dichas medidas y debe interpretarlas.

Sus ventajas son:

- Seguimiento de la evolución de la falla que sea peligroso y elimina gran parte de la indeterminación.
- Programación de paradas. Reducción de costos por baja producción.
- Programación de repuestos y mano de obra.
- Reducción de tiempo de reparación al tener identificada la avería.
- Maximiza la seguridad.

Sus desventajas son:

- Inversiones costosas en equipamiento de adquisición y tratamiento de la información.
- Generación de gran cantidad de información.
- Limitación en el estado actual de estas técnicas a algunos tipos de fallas.

Algunos tipos de falla que son fundamentales para la aplicación del mantenimiento predictivo suelen ser:

- Grietas
- Fracturas
- Deterioro superficial
- Pérdida de material

Que se manifiestan en el funcionamiento de la maquinaria y suelen ser:

- Vibraciones
- Ruido
- Cambio de características estructurales
- Variaciones de temperatura
- Aparición de residuos
- Cambios en las prestaciones de las máquinas
- Fugas

#### **5.4. Mantenimiento Planificado.-**

Tipo de mantenimiento que implica el proceso de prevenir fallas con la peculiaridad que se tiene una previsión de stock, es decir se cuenta con piezas o materiales en almacén, que posibilitan una rápida atención del imprevisto. Aplicable sobre los equipos con responsabilidad dentro del proceso productivo o que ocasionen daños al medio ambiente.

Cuando se habla de los principios de planificación y control en el Mantenimiento conviene empezar a definir el significado que damos a las palabras "planificación y control".

**La planificación** empieza con el análisis de los datos que han sido proporcionados, sobre esa base se puede delinear un esquema para la utilización de los recursos de la empresa de modo que los objetivos deseados puedan conseguirse en una forma más eficiente.

**El control** empieza y vigila las operaciones con la ayuda de un mecanismo de control que devuelve informaciones acerca del proceso de trabajo. Puede decirse que el proceso de planificación y control consiste en las fases siguientes:

- Determinación de los objetivos.
- Decisión de la vía a seguir, es decir, determinar qué tipos de recursos a usar y en qué cantidad.
- Determinar el tiempo en que hay que usar los recursos.
- Emitir órdenes para que los recursos sean utilizados de acuerdo con el tiempo establecido.
- Hacer acción correctiva si es necesario.
- Controlar para que los recursos sean utilizados en lo planificado y que se alcancen los objetivos establecidos.

Si damos una mirada a estas bases, nos damos cuenta que el proceso de planificación y control es un método que toma decisiones.

### **5.5. Mantenimiento No Planificado.-**

Caso típico de mantenimiento correctivo que atiende la maquinaria al averiarse y para la cual no se tiene garantizado los recursos logísticos necesarios como previsión. Este tipo de mantenimiento normalmente se realiza sobre aquel conjunto de equipos o sistemas de baja responsabilidad en los procesos productivos y donde no existan posibilidad de daños al medio ambiente.

En casos de emergencia, cuando no se puede prever su ejecución, de tipo correctivo después de la falla. Suele ser peligro.

### **5.6. Ingeniería de Mantenimiento.-**

Es la segunda quiebra de paradigma en el mantenimiento. Practicar la Ingeniería de Mantenimiento significa un cambio cultural

Significa dejar de reparar continuamente para buscar las causas básicas, modificar situaciones permanentes de mal desempeño, dejar de convivir con problemas crónicos, mejorar normativas, desarrollar la mantenibilidad.

Ingeniería de mantenimiento significa perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar al nivel del mantenimiento del primer mundo.

En el momento en que la estructura de Mantenimiento de una planta utilice para su análisis estudios y propuestas de mejoras, todos los datos que el Sistema Predictivo recopila y almacena, estará practicando la Ingeniería de Mantenimiento para mejorar continuamente.

El objetivo de la ingeniería del mantenimiento es:

- a) Proporcionar seguridad y continuidad en la producción.
- b) Mantener equipos en condiciones satisfactorias.
- c) Mantener equipos al máximo de eficiencia de operación.
- d) Reducir al mínimo el tiempo de paradas.
- e) Reducir al mínimo el costo de mantenimiento.
- f) Mantener alto nivel del servicio de acuerdo a normas.

### 5.7. Las “5S” del Mantenimiento.-

- ✓ **SEIRI:** Clasificar.-

Retirar los objetos innecesarios. Separar en el lugar de trabajo los elementos necesarios de lo que no lo son.

- ✓ **SEITON:** Orden, preparación y eficiencia.-

Guardar las cosas necesarias de acuerdo con la facilidad de uso, considerando la frecuencia de utilización, el tipo y el peso del objeto, de acuerdo con una secuencia lógica ya practicada, o de fácil asimilación, cuando se trata de ordenar las cosas, necesariamente el ambiente queda más arreglado, más agradable para el trabajo y por consecuencia, más productivo.

- ✓ **SEISO:** Inspección a través de la limpieza.-

Sacar a la luz y mejorar deficiencias y anomalías del equipo, útiles y herramientas. La limpieza debe ser encarada, como una oportunidad de inspección y de reconocimiento del ambiente. Para esto, es de fundamental importancia, que la limpieza sea hecha por el propio usuario del ambiente, o por el operador de la máquina o equipo.

✓ **SEIKETSU:** Aseo, pulcritud.-

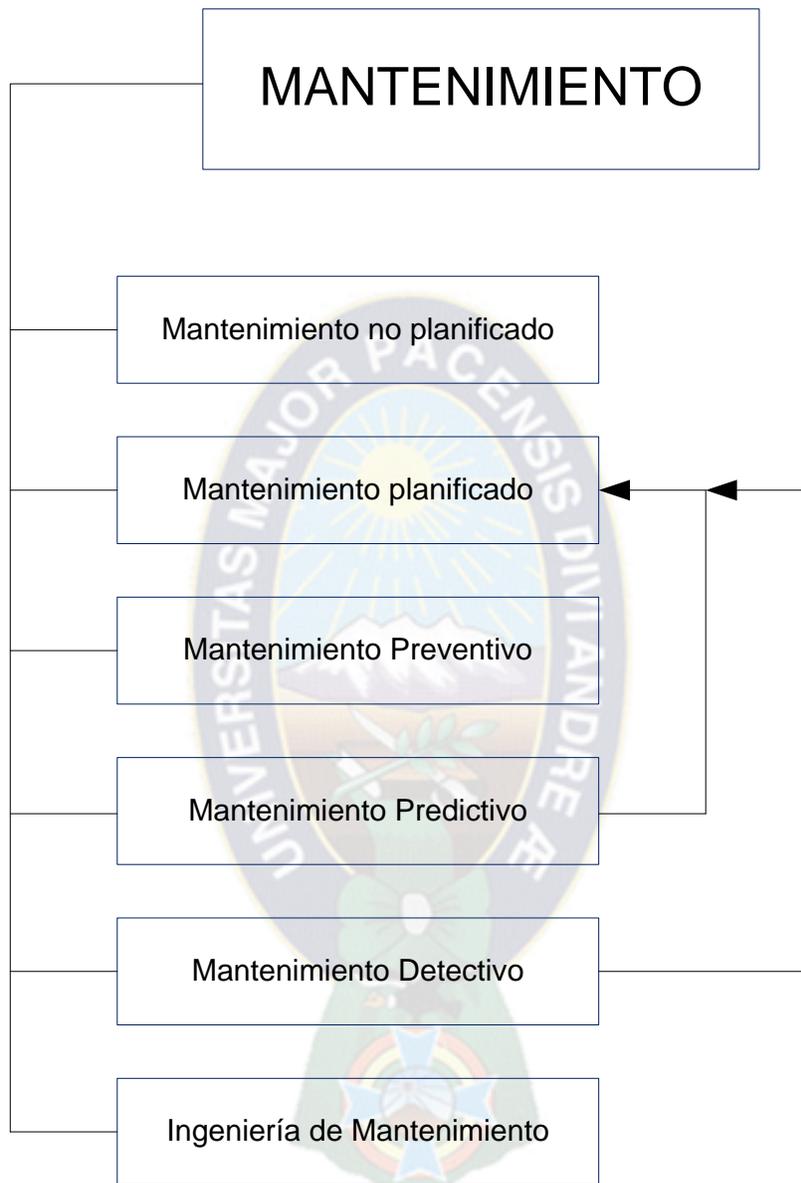
Crear un lugar de trabajo limpio y seguro. Conservar la higiene, teniendo el cuidado para que las etapas de organización, orden y limpieza, ya alcanzados, no retrocedan. Esto es ejecutado a través de la estandarización de hábitos, normas y procedimientos.

✓ **SHITSUKE:** Auto-disciplina.-

Cumplir rigurosamente las normas y todo lo que sea establecido por el grupo. La disciplina es una señal de respeto al prójimo. Constituye la etapa más importante dado que consiste en transformar las “5S” alcanzadas en “hábitos de trabajo”, persistiendo y teniendo constancia en los propósitos y logros alcanzados hasta que se incorporen como una filosofía de vida.



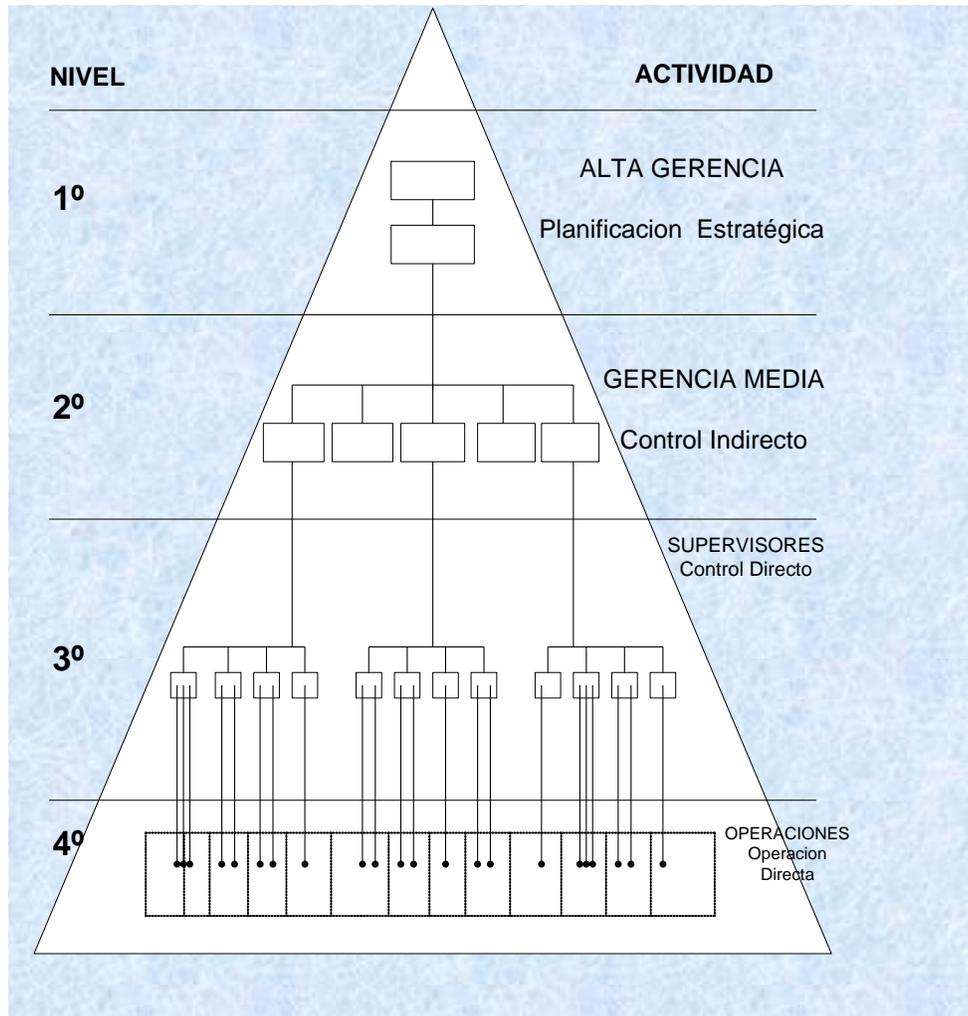
**Tipos de Mantenimiento**



## 6. Organización y planificación del mantenimiento eléctrico.-

La mayor parte si no todas las empresas en la Industria tienen una estructura de organización muy característica representada en la figura.

La forma aguda de la pirámide depende del tipo de empresa y la complejidad en su administración y su patrimonio.



El Mantenimiento en general se desempeña en función a la importancia que le brinda la Alta Gerencia, esto debido a que depende del capital invertido en maquinarias, bienes, ambientes, personal y otros que hacen a la tarea del Mantenimiento en General.

En el caso del Mantenimiento Eléctrico además tiene que atravesar por el tipo de proceso y la actividad a la que está dedicada la empresa, que podría definirlo como grande, mediano o pequeña empresa.

### 6.1. Política del mantenimiento eléctrico planificado.-

El término política, se refiere a pautas, métodos, procedimientos, reglas, formas y prácticas administrativas específicas que se formulan para estimular y apoyar el trabajo hacia las metas fijadas.

Las políticas se pueden considerar como instrumentos para la ejecución de estrategias; fijan límites, fronteras y restricciones a las acciones administrativas que deben formarse para recompensar y sancionar el comportamiento, clarifican lo que se puede o no hacer para lograr las metas y objetivos de una organización.

Existen políticas de servicio por producto y/o cliente y pueden ser:

- Clasificación de productos y/o clientes tipos A, B, C, ..
- Clasificación por PARETO  
“el 20% de los factores inciden en un 80% de los resultados”

Para la fijación de políticas se deben considerar los siguientes aspectos:

- “Los recesos para tomar café sólo pueden durar hasta diez minutos”.
- “Debemos someter a normalización de las partes para fabricar nuestros productos”.
- “Toda inversión en activos fijos que supere \$5'000.000 debe ser aprobada por la junta directiva” (sólo como ejemplo).
- “Los empleados de este departamento deben estudiar por lo menos un curso de adiestramiento y desarrollo al año”.

Un ejemplo de política de mantenimiento eléctrico puede ser por ejemplo:

#### **POLÍTICA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO**

**“QUE EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN TODOS SUS NIVELES SEA DISPONIBLE Y CONFIABLE, OPTIMIZANDO RECURSOS CONFORME A NORMAS QUE GARANTICEN LA SEGURIDAD Y CALIDAD QUE RESPETEN LA PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE”**

## 6.2. Objetivos del mantenimiento eléctrico.-

Los objetivos deben ser cuantitativos, medibles, realistas, comprensibles, estimulantes, jerárquicos, realizables y congruentes entre las unidades de la organización.

Los objetivos fijados con claridad producen múltiples beneficios; suministran dirección, permiten sinergia, colaboran en la evaluación, reducen la incertidumbre y los conflictos, estimulan la realización y ayuda, tanto en la asignación de recursos como en el diseño de cargos. Por eso una organización sin objetivos, es como un barco a la deriva.

Los objetivos tienen cuatro componentes:

- **Atribución.**
- **Escala o medida.**
- **Una norma.**
- **Un horizonte de tiempo.**

Todo tipo de organización tiene por lo menos tres objetivos fundamentales independientes de las voluntades de los que dirigen:

**UTILIDAD - CRECIMIENTO - SUPERVIVENCIA**

Los objetivos en mantenimiento eléctrico pueden contener por ejemplo:

- a. Proporcionar seguridad y continuidad en la producción
- b. Mantener equipos en condiciones satisfactorias
- c. Mantener equipos al máximo de eficiencia de operación
- d. Reducir al mínimo el tiempo de paradas
- e. Reducir al mínimo el costo de mantenimiento
- f. Mantener alto nivel de servicio de acuerdo a normas
- g. Incremento de la confiabilidad y disponibilidad de las instalaciones eléctricas en general.

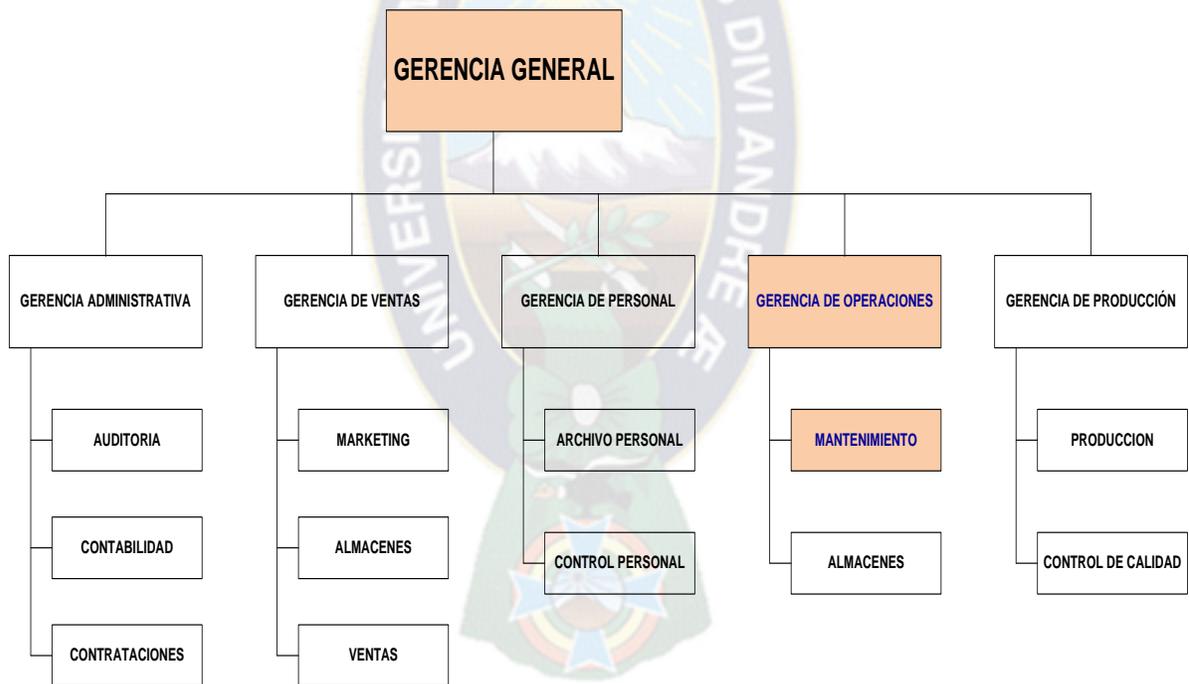
### 6.3. Estructura del mantenimiento eléctrico.-

#### 6.3.1. Estructura descentralizada.-

En caso de una planta industrial que sea grande y compleja, es recomendable que tenga una estructura descentralizada para una mejor labor del desempeño en las tareas del mantenimiento.

La estructura descentralizada tiene la ventaja de que reduce los tiempos de realización del trabajo de mantenimiento y permite a su vez la familiarización de los operarios con la actividad rutinaria.

Se debe evitar la duplicidad de las tareas y efectuar una selección óptima de las tareas a desarrollarse.



**ESTRUCTURA DESCENTRALIZADA**

Como veremos en esta estructura el mantenimiento tiene una corriente directa y propia con Gerencia, esto facilita la labor del mantenimiento y facilita el desarrollo del Mantenimiento Eléctrico y otras especialidades según la necesidad y posibilidad.

Lo que implica la posibilidad de contar con presupuesto asignado a las tareas del Mantenimiento y generar proyectos y programas relacionados con la tecnología apropiada al tipo de proceso y tipo de empresa a la que pertenece.

### 6.3.2. Estructura Centralizada.-

Tiene la característica de que los operarios pueden ser asignados a diferentes áreas y siempre reportan sus actividades al jefe de mantenimiento.

Se emplea cuando las funciones de mantenimiento son muy concentradas y la planta es relativamente pequeña para mantenimiento.

Existe una mayor disponibilidad de la fuerza de trabajo pero existe pérdida de tiempo para realizar tareas que están en lugares distantes, por lo que la supervisión de los trabajos se dificulta.



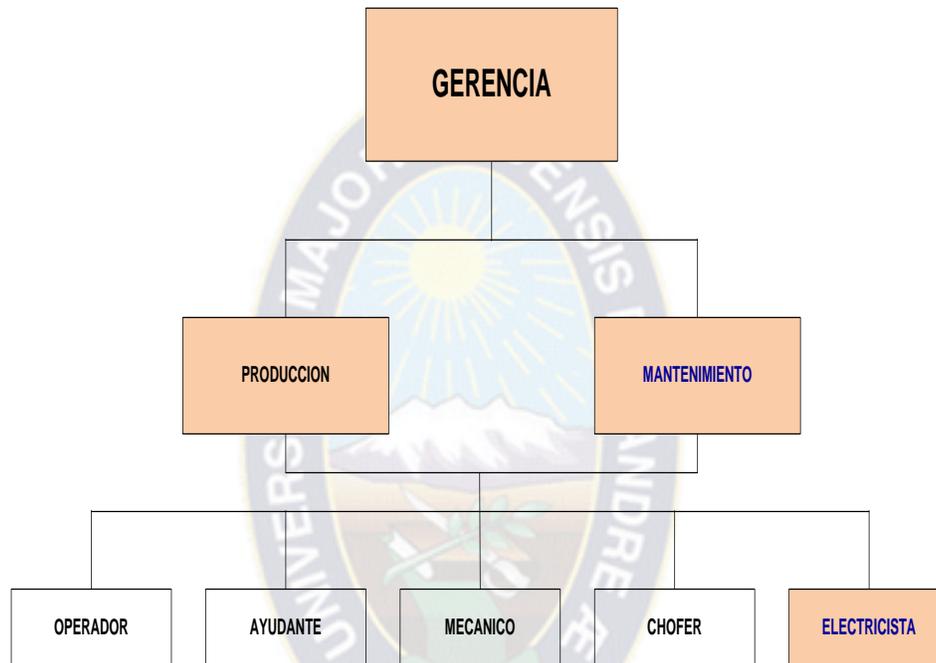
Este tipo de organización es característico de nuestro medio empresarial boliviano por varios factores, pero de acuerdo a nuestro criterio diremos que normalmente se deben a que no se cuenta con recurso disponibles para Mantenimiento o no se tiene conciencia de la importancia del Mantenimiento.

### 6.3.3. Estructura Mixta.-

Compuesta por la centralización de funciones como operaciones y mantenimiento de equipos auxiliares, trabajos mecánicos, eléctricos de taller y la descentralización de

otras como limpieza, ajustes, sustituciones de partes y componentes que influyen de forma directa en el servicio.

Este tipo de estructura permite incorporar junto al personal de mantenimiento al personal de operaciones vinculándolos en la ejecución de tareas propias de mantenimiento, sencillas y rutinarias, como limpieza, recambios, lubricaciones menores, etc. Con los que se incide en la disminución oportuna de imprevistos



**ESTRUCTURA MIXTA**

También característico de nuestro entorno boliviano, bajo los criterios de ahorro y aprovechamiento de recursos poco calificados.

Un riesgo latente es que mantenimiento se responsabilice por la producción y producción por su lado administre el mantenimiento

#### **6.4. Requerimientos para el mantenimiento eléctrico.-**

Podemos resumir los requerimientos de la siguiente forma:

- El equipo de mantenimiento adecuadamente asesorado y supervisado.
- Un programa de mantenimiento eléctrico.
- Mantenimiento de refacciones adecuadas, a condiciones normales.
- Investigación continua de causas y remedios de las fallas.

- Mantenerse informado acerca de la producción, industria, avances técnicos, nuevos métodos, equipos, materiales, otros.
- Cooperación estrecha con las otras áreas de la Empresa.

#### 6.4.1. Equipo de mantenimiento eléctrico.-

El equipo de mantenimiento debe tener formación y calificación en los diferentes rubros de la electricidad tales como:

- Protección de sistemas
- Aterramiento
- Montaje de cuadros
- Generación de Electricidad
- Instalaciones Internas
- Instalaciones Externas
- Instalaciones Industriales
- Neumática
- Control Automático
- Circuitos
- Luminotecnia
- Bobinados
- Otros

#### 6.4.2. Áreas de mantenimiento eléctrico.-

Cada empresa debe definir las actuaciones de mantenimiento según sus necesidades y recursos, sin embargo el obviar algunas tareas podría en su momento complicar el normal funcionamiento de la empresa en forma parcial o general.

La distribución de las tareas del mantenimiento eléctrico está basada según la estructura de la planta en general, puede dividirse en diferentes áreas o sectores de influencia o sectores de importancia, pero diremos que principalmente se divide en las siguientes áreas:

Nº	Área	Tareas	Obs.
1	GERENCIA		
	Gerencia General	Iluminación, tomacorrientes, tableros	Circuitos eléctricos
	Jefaturas o Direcciones	Iluminación, tomacorrientes, tableros	Circuitos eléctricos
	Supervisión	Iluminación, tomacorrientes, tableros	Circuitos eléctricos

2	ADMINISTRACIÓN		
	Auditoría Interna	Iluminación, tomacorrientes, tableros	Circuitos eléctricos
	Marketing	Iluminación, tomacorrientes, tableros	Circuitos eléctricos
	Recursos humanos	Iluminación, tomacorrientes, tableros	Circuitos eléctricos
	Seguridad industrial	Iluminación, tomacorrientes, tableros	Circuitos eléctricos
3	PRODUCCIÓN		
	Alimentación de materia prima	Iluminación, tomacorrientes, tableros, fuerza	Circuitos eléctricos
	Dosificación según plan de producción	Iluminación, tomacorrientes, tableros, fuerza	Circuitos eléctricos
	Elaboración del producto	Iluminación, tomacorrientes, tableros, fuerza	Circuitos eléctricos
	Despacho del producto	Iluminación, tomacorrientes, tableros, fuerza	Circuitos eléctricos
4	CONTROL DE CALIDAD		
	Ensayos de laboratorio	Iluminación, tomacorrientes, fuerza	Circuitos eléctricos
	Análisis de resultados	Iluminación, tomacorrientes, fuerza	Circuitos eléctricos
5	MANTENIMIENTO		
	Eléctrico	Acometidas, motores, neumática, circuitos	Circuitos eléctricos
	Electrónico	Automatismos, fuentes DC/AC, señales	Circuitos electrónicos
	Informático	Redes, internet, UPC, otros	Sistemas
	Mecánico de planta	Calderos, soldadura, lubricación	Mecanismos
	Mecánico de vehículos	A diesel, a gasolina, a GNV. otros	Automotriz
	Obras civiles	Oficinas, almacenes, parqueo, otros	Remodelaciones
	Limpieza en general	Pisos, ventanas, accesos, otros	
6	ALMACENES		
	Almacén de materiales primarios	Iluminación, tomacorrientes	Circuitos eléctricos
	Almacén de productos terminados	Iluminación, tomacorrientes	Circuitos eléctricos
7	COMERCIALIZACIÓN		
	Productos terminados	Iluminación, tomacorrientes	Circuitos eléctricos

	Contabilidad de ventas	Iluminación, tomacorrientes	Circuitos eléctricos
	Muestreo	Iluminación, tomacorrientes	Circuitos eléctricos
8	ÁREAS EXTERNAS		
	Pasillos	Iluminación, tomacorrientes	Circuitos eléctricos
	Patios	Iluminación, tomacorrientes	Circuitos eléctricos
	Garajes	Iluminación, tomacorrientes	Circuitos eléctricos
	Parqueos	Iluminación, tomacorrientes	Circuitos eléctricos

## 6.5. Principios del mantenimiento eléctrico.-

### 6.5.1. Responsabilidad.-

Responsabilidad por parte de todos desde los usuarios, operarios, personal de mantenimiento, administración. Todos son responsables del mantenimiento.

### 6.5.2. Uso funcional.-

Todo equipo, maquinaria e instalación en general fueron proyectadas y construidos para cumplir una función determinada.

### 6.5.3. Parte integral de la organización.-

El mantenimiento y sus integrantes deben contar con recursos necesarios con una jerarquía dentro de la organización que le permita tomar decisiones y capacidad de coordinación con otras áreas.

### 6.5.4. Adiestramiento.-

De manera formal e informal, mediante un programa de capacitación a todo el personal involucrado y de forma constante. Haciendo énfasis en el personal de mantenimiento.

#### **6.5.5. Sistematización y periodicidad de las funciones.-**

Las fuentes de información del mantenimiento son las inspecciones. Deben obedecer a un programa que será evaluado.

#### **6.5.6. Acción oportuna.-**

Con la inspección se detectan fallas con prontitud y permite una acción correctiva oportuna. Asignación de trabajos de acuerdo a los sistemas de prioridades programadas.

#### **6.5.7. Función de servicio.-**

La coordinación es esencial entre los jefes de áreas para asegurar la atención oportuna del servicio para el funcionamiento normal de la empresa.

#### **6.5.8. Apoyo multidisciplinario.-**

Existe diversos grados de apoyo técnico y logístico. Para la atención del servicio de mantenimiento requiere de diferentes especialistas para resolver la falla de forma completa y oportuna. (Eléctricos, Mecánicos, Electrónicos, Químicos y otros.)

#### **6.5.9. Auditoría Técnica e inventario.-**

Es un procedimiento para ser aplicado en los organismos o empresas y el cual permitirá a los mismos la creación de archivos de información correspondientes a los bienes bajo su responsabilidad inmediata.

La implementación de planes de trabajo para ejecutar mantenimiento correctivo y preventivo, mediante planillas de Auditoría Técnica.

### **6.6. Organización de la unidad de mantenimiento eléctrico.-**

Claramente definida, basado en las normas internacionales y modificada para la situación local, asesorada por personas que entienden y aprecian los problemas de los demás.

- Una división razonable y clara de la autoridad, sin entrecruzamiento o con muy pocos. Puede ser funcional, geográfica, en la experiencia o combinación de anteriores.

- Las líneas verticales de autoridad de responsabilidad, deben ser tan cortas como sea posible. El uso de asistentes debe ser reducido.
- Mantener la cantidad óptima de personas que informen a un solo individuo. La cantidad promedio de cerebros humanos que un cerebro humano puede manejar con efectividad.
- Adecué la organización a las personalidades. Implica una organización de estructura flexible revisado periódicamente.

#### 6.6.1. Factores de la naturaleza local.-

- a) **Tipo de operación.**  
Puede predominar un área por ejemplo equipos eléctricos. Disminuir asesores.
- b) **Continuidad de operaciones.**  
Los turnos de trabajo afectan al mantenimiento.
- c) **Situación Geográfica.**  
Referido al tipo de organización del mantenimiento.
- d) **Tamaño de la planta.**  
No hay reglas específicas para la relación exacta entre la magnitud del mantenimiento y su capacidad de organización para poder administrarla adecuadamente.
- e) **Alcance.**  
Debe estar comprendido dentro de la política de la planta en general, para su cumplimiento a cabalidad.
- f) **Adiestramiento y confiabilidad.**  
Es variado y en función al tipo de industria y/o empresa. El personal no calificado trabajara de forma descentralizada.

#### 6.6.2. Proceso de organización.-

De forma ordena los pasos siguientes:

1. Trabajo de análisis y descomposición en tareas simples.
2. Agrupar las tareas similares.
3. Definir estructuras y obligaciones de cada grupo.
4. Asignación de personal para los cargos.
5. Delegación de autoridad al personal asignado.

### 6.6.3. El responsable de mantenimiento.-

La elección de este personal RESPONSABLE o JEFE se lo efectuará con sumo cuidado, porque tendrá que atender asuntos muy variados que suponen conocimientos en distintos campos (desde la técnica de diseño hasta la psicología), la experiencia amplia así como los conocimientos teóricos profundos:

#### f) **Sus cualidades**

- Estar siempre informado. Ej. : fallas comunes, paradas, etc.
- Concentración en lo esencial. Discriminar los problemas urgentes.
- Tener sentido político, evitar los ambientes hostiles.
- Saber elegir su momento. No impacientarse por algo no resuelto.
- Saber que no siempre es necesario ser preciso. No puede estar en todos los problemas al mismo tiempo.

#### g) **Organizar su tiempo**

- Delegar responsabilidades. La forma adecuada de delegar.
- Concentrarse en lo esencial. No lo secundario.

#### h) **Debe contribuir a la solución de los problemas**

#### i) **Dirigir ayudando a solucionar con nuevos métodos**

#### j) **Ser eficaz y realista, intervenir el tiempo preciso y no ser redundante**

- Calidad y no cantidad de reparaciones
- Motivar al personal
- Respeto a los valores personales
- Política de salarios
- Continuidad del trabajo y empleo.

Aun así el Responsable Jefe de Mantenimiento tendrá opción a desarrollar sus capacidades.

Cuanto más conozca mas aporta. Colaborará con la empresa en el objetivo central de la organización. “Asistirá a visitas, ferias, cursos, conferencias, sobre temas generales y más sobre especialidad.”

Esto implica una inversión en el futuro mantenimiento de forma responsable.

- El equipo de mantenimiento adecuadamente asesorado y supervisado.
- Un programa firme de mantenimiento preventivo.

- Mantenimiento de refacciones adecuadas, de acuerdo a condiciones normal.
- Investigación continua de causas y remedios de las fallas.
- Mantenerse informado acerca de la producción industrial, avances técnicos, nuevos métodos, equipos, materiales, otros.
- Cooperación estrecha con las otras áreas o células empresariales.

Organizar los programas de mantenimiento preventivo para que la producción no se vea afectada, a la vez que no repercuta en costos elevados a la gerencia general. Otorgando seguridad técnica como en lo humano.

### **6.7. Equipos de mantenimiento eléctrico.-**

La selección y conformación del personal debe contar con los criterios anteriormente señalados enfatizando en el campo de la electricidad, para satisfacer los requisitos de producción.

Personal calificado en:

- Bobinados
- Luminotecnia
- Líneas subterráneas
- Instalación general
- Montaje de cuadros
- Montaje Industrial
- Generación eléctrica
- Circuitos electrónicos
- Circuitos eléctricos
- Control eléctrico
- Mando eléctrico
- Protección de Sistemas
- Aterramiento
- Pararrayos
- Neumática
- Hidráulica
- Rodadura
- Otros.

Deberá contar con la certificación profesional en los niveles de obreros, técnicos, licenciados, Posgraduados.

## 6.8. Recursos financieros para el mantenimiento eléctrico.-

La asignación de recursos suficientes sirve para soportar la ejecución de las estrategias según los planes de acción.

Se pueden disponer de varios tipos de recursos para alcanzar los objetivos; Financieros, Físicos, Humanos, Tecnológicos.

RECURSO	DESCRIPCIÓN
Financieros	Incluyen todos los activos líquidos, los pasivos y el capital. Esto incluye efectivo, cuentas por cobrar, valores comerciables, bonos acciones, documentos bancarios, capital de trabajo, ganancias retenidas y utilidad neta.
Físicos	Comprende todos los activos tangibles de la organización. Incluyen las plantas, el equipo, terreno, inventario, materias primas, instalaciones y maquinaria.
Humanos	Están compuestos por todo el personal de la organización. Gerentes de alto nivel, Gerentes de división y de departamentos, Científicos, Ingenieros, Técnicos, empleados calificados y no calificados.
Tecnológicos	Están formados por todo el conocimiento, destrezas, métodos, herramientas que permiten a una firma llevar a cabo sus actividades seleccionadas. Ello incluye sistemas de computación, contabilidad, gerencia de información, investigación y desarrollo, ingeniería, comunicaciones.

### 6.8.1. Los Costos y los Gastos.-

Los costos representan una porción del precio de adquisición de artículos, propiedades o servicios, que ha sido diferida o que todavía no se ha aplicado a la realización de ingresos. El costo se puede definir como “el sacrificio económico que hace una organización para obtener objetivos futuros”.

Costo también se puede definir como la “cantidad desembolsada para comprar o producir un bien”. Otra definición de costo es la erogación o desembolso para producir un bien o la prestación de un servicio, teniendo como elementos: Materia prima, Mano de obra y gastos indirectos.

De igual forma se puede definir gastos como “las erogaciones que se han aplicado contra el ingreso de un período determinado”.

En términos simples, tal como se mencionó anteriormente, un costo es el sacrificio o consumo de un recurso con el fin de obtener beneficios en el futuro. Por ejemplo, una

empresa textil que adquiere una máquina para cortar tela por 20 millones en efectivo, sacrifica un recurso que posee (dinero) con el objeto de que la máquina adquirida le permita generar ingresos en el futuro (en el momento en que venda la tela). De la misma manera, una empresa que fabrica zapatos incurre en un costo al adquirir el cuero que le permitirá producir los zapatos que, a su vez, generarán ingresos en el momento que la compañía haga las ventas.

El sacrificio de recursos puede ser presente o futuro, es decir, puede significar un desembolso de efectivo hoy o en periodos posteriores. En el caso de la compra de la máquina para cortar tela, ésta puede ser adquirida en efectivo, con un crédito directo del fabricante o a través de financiamiento bancario. Independientemente del momento en que se consumirán los recursos, la compra de la máquina representa un costo para la empresa al momento de adquirirla.

El gasto corresponde también con el sacrificio o consumo de recursos, pero, se espera que los beneficios de dicho sacrificio se obtengan en el presente.

Las comisiones que la empresa paga a sus vendedores por las ventas realizadas en un periodo determinado son un ejemplo de gastos. En este caso, la empresa sacrifica un recurso (efectivo) en proporción a los ingresos que dicho sacrificio ha generado en el periodo; la empresa asume que las comisiones pagadas en este periodo no le generarán ingresos en el futuro y, por lo tanto, deben ser tratadas como un gasto de la compañía y no como un costo.

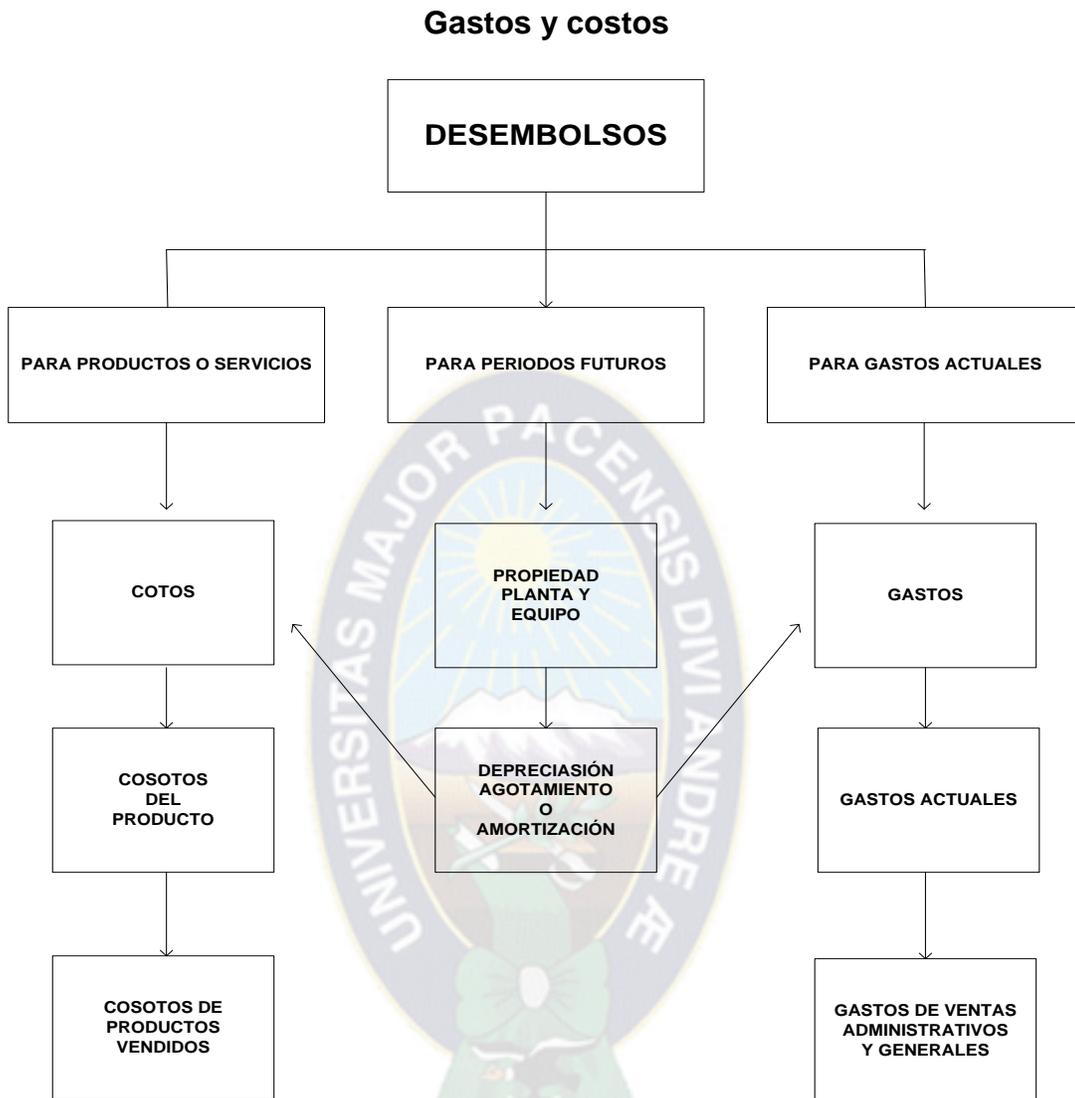
En términos generales concluyentes, **costo** es el consumo de recursos (materias primas, mano de obra, etc.) para realizar actividades relacionadas directamente con la producción del bien o la prestación del servicio, o sea el beneficio obtenido por el sacrificio de estos recursos se obtendrá una vez se venda el producto final. Ejemplo: Los materiales utilizados para la fabricación del producto, el salario de los obreros.

Mientras que gastos, a diferencia de los costos, es el consumo de recursos requerido para realizar actividades que apoyen la producción del bien o la prestación del servicio.

El sacrificio de estos recursos deberá cargarse al estado de resultados del periodo en el cual fueron consumidos, por lo tanto, no se relacionan con la venta de los productos. Ejemplo. El salario del personal administrativo.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> "Costos y presupuestos del mantenimiento" Ángel Lorenzo A.



Los costos pueden ser clasificados de diversas formas:

1. *Según los períodos de contabilidad:*

- Costos corrientes: aquellos en que se incurre durante el ciclo de producción al cual se asignan (ejemplo: Fuerza motriz, jornales).
- Costos previstos: incorporan los cargos a los costos con anticipación al momento en que efectivamente se realiza el pago (ej.: cargas sociales periódicas).
- Costos diferidos: erogaciones que se efectúan en forma diferida ej.: seguros, alquileres, depreciaciones, etc.).

2. *Según la función que desempeñan:* indican cómo se desglosan por función las cuentas Producción en Proceso y Departamentos de Servicios, de manera que posibiliten la obtención de costos unitarios precisos:
  - Costos industriales
  - Costos comerciales
  - Costos financieros
  
3. *Según la forma de imputación a las unidades de producto:*
  - Costos directos: aquellos cuya incidencia monetaria en un producto o en una orden de trabajo puede establecerse con precisión (materia prima, jornales, etc.)
  - Costos indirectos: aquellos que no pueden asignarse con precisión; por lo tanto se necesita una base de prorrateo (seguros, lubricantes).
  
4. *Según el tipo de variabilidad:*
  1. Costos variables: el total cambia en relación a los cambios en un factor de costos.
  2. Costos fijos: No cambian a pesar de los cambios en un factor de costo.
  3. Costos semifijos

Factor de costo: Base de distribución para la asignación de costos, según sea el objeto de costos.

Costo unitario o promedio: Surge de dividir el costo total por un número de unidades.

### **6.8.2. Los Costos en Mantenimiento.-**

Las actividades de mantenimiento exige un consumo de recursos que afectado por tarifas estándar permiten obtener un valor que en sí, es decir el concepto "costoso" se debe referir también al resultado obtenido y a la respuesta en la operación o producción.

Por ejemplo: Una Orden de Trabajo (OT) puede consumir Bs.10.000.- (diez mil 00/100 bolivianos) de mano de obra y Bs. 60.000.- (sesenta mil 00/100 bolivianos) de repuestos; lo cual permite sacar conclusiones:

- Relación repuestos /mano de obra : 6 a 1
- Relación repuestos/total : 6 a 7
- Relación mano obra/total : 1 a 7

Sin embargo, todo esto puede ser poco atractivo para una organización si esa "inversión" en Bs. 70.000.- (setenta mil 00/100 bolivianos) en una labor de mantenimiento, no se traduce en un beneficio mucho mayor para la empresa.

Por eso los costos de mantenimiento son útiles en dos sentidos:

- Para evaluar resultados internos de una organización de mantenimiento y
- Para comparar la inversión con los resultados operativos de la empresa.

Es decir, si se considera que por medios diferentes a un sistema de información de mantenimiento se conoce que en un período determinado se emplearon N miles de Bolivianos de dinero en el mantenimiento y que se dividen en M miles en materiales, O miles en mano de obra y P miles en herramientas y puede también conocer que usó Q miles en la administración de estos recursos, no por eso se conocen los costos de mantenimiento, pues un modelo de los mismos busca conocer distribuciones internas, consumos puntuales, "picos", partes intervenidas con frecuencia, causas de las fallas y sobre todo tratar de encontrar una relación acción-causa-efecto que logre unir conceptos administrativos y técnicos que expliquen el origen de los trabajos de mantenimiento.

El mérito del mantenimiento no es conocer esos totales sino poder precisar su distribución por diferentes conceptos tales como:

- § Área operativa
- § Equipos o conjuntos
- § Familia de equipo
- § Partes de equipo
- § Causa de falla
- § Tipo de trabajo
- § Origen del trabajo
- § Por asignación contable de los consumos del repuesto.
- § Oficinas o Especialidades y por Especialistas
- § Por intervención a componentes (causa de falla, síntoma y acción tomada)
- § Área de responsabilidad
- § Zona geográfica
- § Cuadrilla
- § Períodos de tiempo
- § Sistemas o subsistemas

Estas relaciones son obtenibles de un sistema de información e integrados pueden proporcionar también los siguientes reportes:

- ♣ Costos por unidad producida
- ♣ Relación a los costos de operación totales
- ♣ Relación a las ventas

Si lo logra, entonces sí conoce sus costos y con los resultados en un período puede establecer metas y objetivos. La finalidad básica de una gestión de costos es estimular la optimización del uso de mano de obra, cantidad de materiales y tiempos de paro; estableciendo objetivos con diferentes bases de comparación, los objetivos son puntos de equilibrio (compromisos) entre un beneficio potencial y el costo de mantenimiento.

Aunque el capital no es el único factor a considerar en el acontecer del Mantenimiento, muchas de sus estrategias deben manifestarse como dinero; con lo cual la toma de decisiones es fuertemente influenciada, pues sólo planes que realmente impliquen beneficios tangibles tiene presentación; es decir si se enfoca el trabajo de Mantenimiento globalmente cada esfuerzo que se haga para mejorar los procesos y controles - aunque satisfaga requerimientos de bienestar y mejoramiento de los recursos humanos y físicos- debe estar respaldado en un aumento cuantificable de la efectividad del proceso; es por ello que cada variable del sistema debe estar representada y medida para poder estimar la contribución de cada área en el producto final.

En otras, sin embargo se conocen las sumas invertidas en el Mantenimiento. Pero no se conoce en que se invirtió: ¿Mantenimiento correctivo?, ¿Mano de obra?, ¿En repuestos?, y tampoco se conoce las posibilidades de su reducción.

### 6.8.3. Mantenimiento y su estructura de costos.-

#### Los indicadores

Como administradores del mantenimiento una de las principales tareas será minimizar los costos del mismo. Es entonces muy importante analizar cuáles son sus componentes.

Costo global de mantenimiento (CGM)

Este costo es la suma de cuatro componentes:

- \$ Costo de intervenciones de mantenimiento (CIM);
- \$ Costo de fallas de mantenimiento (CFM);
- \$ Costo de almacenamiento de mantenimiento (CAM);
- \$ Amortización de inversiones en mantenimiento (AIM).

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CFM} + \text{CAM} + \text{AIM}$$

⇒ Costo de intervenciones de mantenimiento (CIM)

El CIM incluye los gastos relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo y no incluye gastos de inversión, ni aquellas relacionadas directamente con la producción, tales como ajustes de parámetros de producción, limpieza, etc.

El CIM puede ser descompuesto en:

- Mano de obra interna o externa
- Repuestos de bodega, o comprados para una intervención
- Material fungible requerido para la intervención
- Amortización de equipos y herramientas

El costo de mano de obra interna se calcula con el tiempo gastado en la intervención multiplicado por el costo de herramientas. La mano de obra externa se obtiene de la factura, o por las herramientas que fueron requeridas.

Tanto el material fungible como la amortización de equipos y herramientas de uso general se consideran en el costo horario de intervención. Este es multiplicado por el tiempo de intervención.

Material fungible y la amortización de equipos y herramientas de uso específico son considerados aparte, tal como si fuesen repuestos.

### Los costos horarios

Es importante otorgar un valor realista a los costos horarios de intervención y de horas-hombre pues influyen directamente en el costo global de mantenimiento, nuestra función objetivo a minimizar.

Es común comparar el costo de la mano de obra interna con el de la externa. Sin embargo los costos internos son castigados por prorratesos de costos que existen aún si se contrata mano de obra externa. Es necesario definir dos costos:

- \$ Costo horario de intervención, que sólo incluye gastos directos asociados a las intervenciones
- \$ Costo horario de mantenimiento, considera todos los gastos asociados a mantenimiento

El costo horario de intervención es:

$$\text{CHI} = \text{GD} / \text{THI}$$

- CHI – Costo Horario de Intervención
- GD – Gastos Directos
- THI – Total Horas de Intervención

⇒ Los Gastos Directos sólo incluyen:

- \$ gastos salariales
- \$ contratación de servicios
- \$ gastos en material fungible de uso general
- \$ gastos de energía ligados a la intervención

El costo horario de mantenimiento es igual a:

$$\text{CHM} = \text{GTM} / \text{THI}$$

- CHM – Costo Horario de Mantenimiento
- GTM – Gastos Totales de Mantenimiento
- THI – Total Horas de Intervención

⇒ Los gastos totales incluyen:

- \$ El conjunto de gastos considerados para el costo de intervención
- \$ Los salarios de especialistas requeridos para la gestión, planificación, análisis técnicos de las intervenciones;
- \$ El prorrateo de servicios tales como contabilidad, computación, personal, etc.

### Los costos de repuestos

Antes de realizar un análisis técnico-económico inteligente es necesario distinguir el costo técnico del costo contable:

- \$ El costo técnico corresponde al valor de compra de la pieza al día de su utilización.
- \$ El costo contable corresponde al valor utilizado para valorizar el inventario contable, que por razones financieras este precio puede ser reducido por depreciación.

Costo de fallas de mantenimiento (CFM)

Estos costos corresponden a las pérdidas de margen de explotación debidas a un problema de mantenimiento que haya producido una reducción en la tasa de producción de productos en buen estado.

La pérdida de margen de explotación puede incluir aumento de los costos de explotación o una pérdida de negocios.

Los problemas de mantenimiento ocurren por:

- Mantenimiento preventiva normal definida
- Mantenimiento preventiva normal ejecutada
- Mantenimiento correctiva efectuada en plazos muy largos, mal ejecutada, realizada con repuestos malos o de baja calidad

El costo de falla de equipos corresponde a las pérdidas de margen de explotación cuya causa es un defecto de material que provoca bajas de producción de calidad aceptable.

La falla de material se debe a errores de utilización que implican degradación y a condiciones ambientales fuera de norma.

Este tipo de costos deben ser cargados a las funciones inversión, fabricación, calidad, etc., pero no a mantenimiento.

El interés de poner en relieve los costos de falla por función y de no reagruparlos bajo el centro de costos de mantenimiento es de poder sensibilizar al conjunto de responsables de las funciones concernientes a los sobrecostos generados y de permitirles tomar medidas correctivas eficaces.

### **La evaluación del costo de falla de mantenimiento (CFM)**

Para evaluar el CFM es necesario tomar 3 casos:

- 1º) El volumen de producción programado puede ser alcanzado.
- 2º) El volumen de producción programado no puede ser alcanzado dado que la planta opera 24 horas al día los 365 días del año.
- 3º) La producción, siendo de menor calidad, es degradada

En el primer caso, el costo de falla de mantenimiento corresponde a los gastos necesarios para recuperar la producción perdida. Estos gastos son esencialmente: la energía necesaria para la producción; las materias primas; los fungibles; los gastos de servicios tales como calidad, compras, mantenimiento, etc.

Si la producción programada no puede ser alcanzada, el costo de falla de mantenimiento corresponde a la pérdida de ingresos menos el costo de las materias primas y productos consumibles que no fueron utilizados durante la parada.

Si la producción ha perdido calidad, su precio es menor que el nominal. En este caso el costo de falla de mantenimiento corresponde a la pérdida de ingresos asociada.

Valores referenciales del costo de falla de mantenimiento

**HP / HF**

- HP – Horas de Paro
- HF – Horas de Funcionamiento

**PA / CN**

- PA – Producción Aceptable
- CN – Capacidad Nominal

Evitar la existencia del CFM es una de las paradojas de la función mantenimiento debido a que tal esfuerzo implica incrementar el CIM. El control del costo global de mantenimiento es entonces un proceso iterativo (para niveles estables de utilización del equipo).

### Los costos del almacenamiento de mantenimiento

Este costo representa los gastos incurridos en financiar y manejar el stock de piezas de recambio e insumos necesarios para la función mantenimiento. Incluye:

- El interés financiero del capital inmovilizado por el stock
- Los gastos en mano de obra dedicada a la gestión y manejo del stock
- Los costos de explotación de edificios: energía, mantenimiento
- Amortización de sistemas adjuntos: montacargas, sistema informático
- Gastos de seguro por el stock
- La depreciación comercial de repuestos

Es importante no considerar los salarios del personal de bodega en el costo de intervención de mantenimiento; y si hacerlo en el costo de almacenamiento de mantenimiento.

Los valores referenciales del costo de intervención de mantenimiento son:

### CIM / VEN

El Valor del Equipo Nuevo (VEN) corresponde a los gastos que serían requeridos para comprar equipos que realicen las mismas funciones. No se considera, transporte, instalación, puesta a punto.

El CIM/VEN es uno de los indicadores más interesantes a fines de comparación.

Para interpretar correctamente el CIM/VEN se debe tomar en cuenta el número de horas anuales que funciona el equipo. Un equipo funcionando 1000 h/año y otro similar operando 8500 h/año evidentemente no tendrán el mismo CIM/VEN.

### CIM / UU

UU representa las Unidades de Utilización. Es una medida del nivel de uso dado a los equipos. Por ejemplo: hora de marcha de equipos, toneladas en equipos químicos, siderurgia e industrias agroalimentarias.

Este indicador permite:

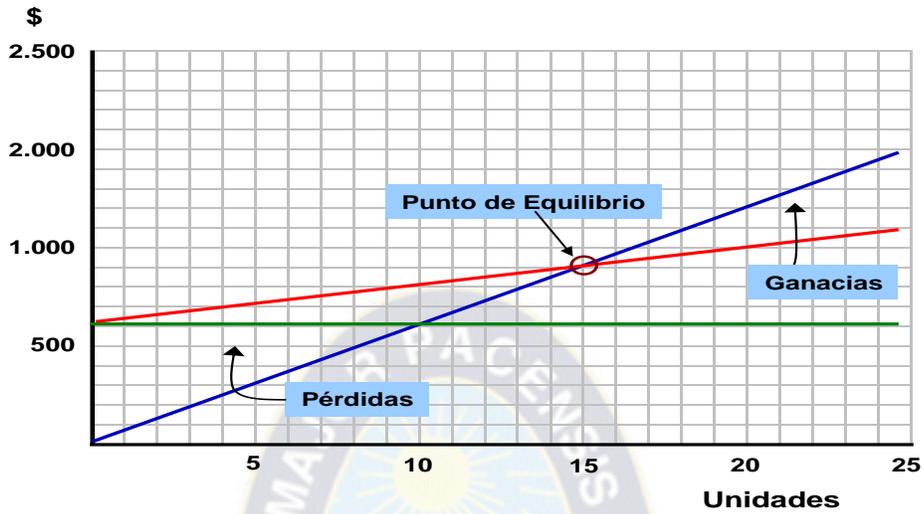
- Comparar equipos o plantas similares tomando en cuenta las horas de utilización de los equipos
- Recalcar que la redundancia de equipos o el sobre equipamiento eleva los costos de intervención de mantenimiento.

Equipos mostrando CIM/UU muy sobre el valor referencial indica vejez del equipo o condiciones de operación difíciles (ambiente, calidad de operadores).<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> "Costos y presupuestos del mantenimiento" Ángel Lorenzo A.

### Punto de Equilibrio Operativo

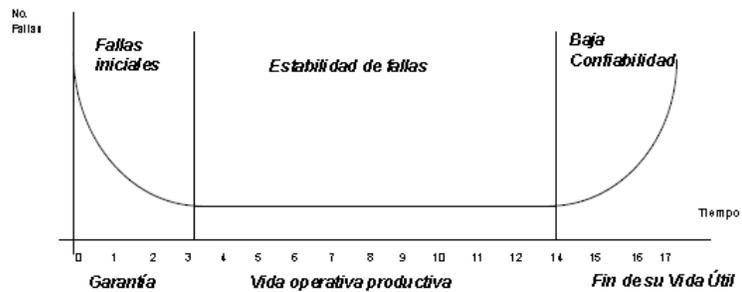


$$P. E. (\$) = \frac{\text{Costo Fijo} (\$)}{1 - \frac{\text{Costo Variable} (\$)}{\text{Ventas Totales} (\$)}}$$

### Concepto de Vida Útil

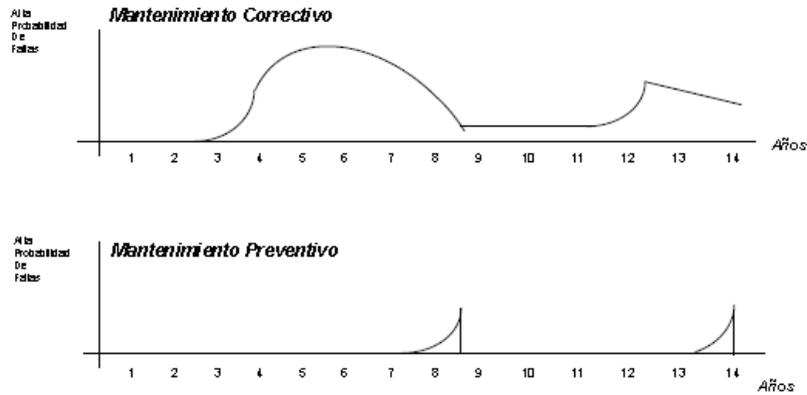
- Es el ciclo de vida de una pieza o componente considerando la calidad de su funcionamiento en el tiempo.

Tasa de fallas en el ciclo de vida de las piezas

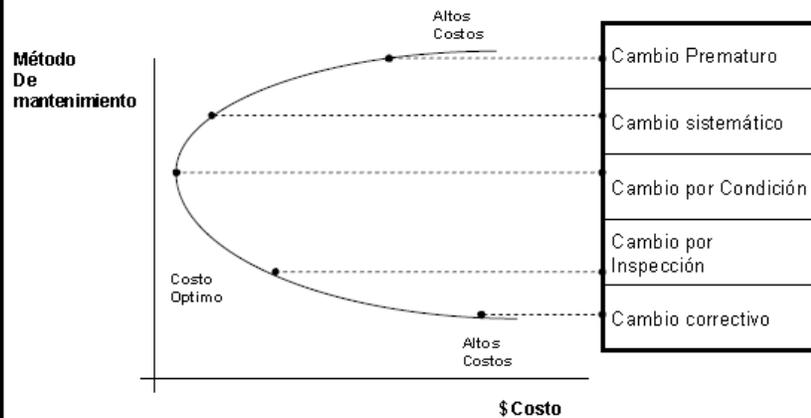


## Probabilidad de Falla

- Dependiendo del modelo de Mantenimiento puede ocurrir:



## Métodos de Mantenimiento vs. Costos



### 6.9. Planificación del mantenimiento eléctrico.-

Para el logro de los objetivos planteados en Mantenimiento eléctrico es importante aplicar un Plan de Acción que permita organizar el trabajo, en donde se recomienda que estén involucrados todos los actores y niveles de la organización.

Se describen algunos pasos importantes para la elaboración de un plan estratégico:

PASOS	ACCIONES	TIEMPO
Primero	Diagnostico interno del Dpto. de Mantenimiento	No mayor a dos días
Segundo	Diagnostico externo en relación al mantenimiento	No mayor a dos días
Tercero	Declaración de la Misión, Visión y Valores	No mayor a una semana
Cuarto	Diseño de estrategias	No mayor a dos semanas
Quinto	Elaboración del plan de acción	No mayor a una semanas
Sexto	Metodología de control del plan de acción	Permanente
Séptimo	Evaluación de la aplicación del plan de acción	Permanente

Las estrategias asociadas son:

- I. Implantar una cultura de mejora continua
  - A. Implantar las “5S” del mantenimiento
  - B. Implantar programa de mantenimiento de equipos registrados
  
- II. Mejorar la productividad
  - A. Describir los procesos y responsables
  - B. Elaborar procedimientos para las actividades
  - C. Implementar un programa de control
  - D. Sistemas de registros de los diseños
  - E. Análisis de tiempos y movimientos
  
- III. Mejorar el proceso administrativo
  - A. Organización y estandarización de documentos
  - B. Manejo controlado de almacenes
  - C. Establecer tiempos para las auditorias

## 7. Programa y procedimientos del mantenimiento eléctrico.-

### 7.1. Criterios que determinan prioridades.-

Los criterios para la determinación de prioridades están en base a las funciones específicas y características del especialista en electricidad bajo los siguientes lineamientos:

#### A. Fallas de Prioridad

- Fallas con potenciales de desastre. Puede provocar pérdidas de vida humana, como el choque eléctrico. Pueden ser detectados por vía de prevención
- Explosión de equipos, maquinaria.
- Incendio
- Fuga de gases en proximidades de circuitos abiertos.
- Falla en la instalación por desgaste.
- Fallas con potencial de paralización parcial. Pueden paralizar un área concreta o temporalmente.
- Paralización de la bomba de agua.
- Un tablero de distribución secundaria con falla.

#### B. Fallas de segunda prioridad

##### c) Fallas críticas

Condición que afecta o modifica de favorablemente las características de la instalación o circuitos, ejemplo. La caída de voltaje de la fuente (transformador, grupo generador).

##### d) Fallas No críticas

Si no se las atiende pronto pueden traer más desastres y convertirse en falla crítica, ejemplo, instalaciones sin puestas a tierra. (maquinas no protegidas contra contactos a masa ).

#### C. Fallas de tercer orden

Faltas que se producen en lugares o áreas que no afectan en la producción de la empresa, ejemplo, falta del sistema de aire acondicionado en oficinas.

#### **D. Detección por mal funcionamiento o parada.-**

El reporte del operativo es primordial para establecer si:

- La falla no es debida a operación deficiente, o procedimental.
- La falla podría ser ocasionada por otros factores como:
  - Falta de combustible
  - Falta de energía eléctrica
  - Falta de medio refrigerante
  - Falta de lubricante
  - Otros.
- Fallas no corregidas y detectadas por mantenimiento preventivo.

#### **E. Inspección e identificación de fallas.-**

- Se lo efectúa para confirmar la naturaleza de la misma, extensión y características para su clasificación y tomar acciones correctivas.
- Quien lo realiza es el Jefe de mantenimiento. Para cada caso se elaboraran los procedimientos a seguirse.

#### **F. Reparación provisional.-**

Cuando no se puede corregir definitivamente, por falta de recursos, falta de tecnología, no hay repuestos.

#### **G. Análisis técnico económico.-**

Cuando la falla tenga una magnitud económica o técnica justificada, que impliquen inversiones mayores, se requiere formar razones administrativas, un análisis económico.

El objetivo es tomar decisiones y la selección de alternativas viables:

- Identificación del problema
- Planeamiento de soluciones alternativas
- Análisis técnico (coherentes a la instalación)
- Comparación económica (costos de solución, disponibilidad).
- Proposición. (entrega de soluciones, analizadas).

## 7.2. Decisión.-

### CONTRATACIÓN – o – EJECUCIÓN PROPIA

En base al análisis técnico económico se determine por:

**Alternativa – Contratación**  
**Alternativa – Ejecución Propia**

Para este análisis se recomienda considerar las siguientes interrogantes:

- ¿Existe la capacidad técnica?
- ¿Existe disponibilidad de repuestos, herramientas y materiales?
- ¿Su justificación económicamente?
- ¿Está de acuerdo con la política de mantenimiento?

#### 7.2.1. Tramites de contratación.-

Cuando el análisis técnico económico determina las siguientes alternativas:

- a) Mayor economía si el trabajo es contratado.
- b) Complejidad del trabajo que supera el nivel técnico de la fuerza laboral interna.
- c) Tiempo de entrega. (hay capacidad pero retrasado)

#### 7.2.2. Reporte de costos.-

Es el más controlado dentro el sistema gerencial.

La información sobre costos será ver:

- Costos acumulados de mantenimiento de la unidad.
- Costo promedio de mantenimiento correctivo de la unidad, correctivo, que serán reportados en el historial de cada máquina y/o equipo.

A su vez determinará:

- El rendimiento del departamento de mantenimiento.
- Control de utilización del tiempo del personal

## 7.3. Planillas para la toma de datos en mantenimiento eléctrico.-

Para la aplicación del sistema que está basado en planillas que reportan información a partir de las características de trabajo y tipo de planta







<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>			
CO – Nº ...../ 08		SOBOCE SA - READY MIX – P1	
		MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO	

REGISTRO DE PLACA CARACTERÍSTICA DE MAQUINA ELÉCTRICA-III	
CODIGO MAQUINA	CARACTERÍSTICAS DE USO DE LA MQUINARIA EN SU EMPLAZAMIENTO

MODELO	Nº FABRICACIÓN	DIMENSIONES (mm)			MARCA	PROCEDENCIA
		Halto	Largo	Profund.		

FASES	VOLTIOS	AMP.	KW	HP	RPM	COS φ	F.S.	ALTURA	T. AMB.	IP

CAT	Kg	ΔT	COJINETES			KL
			EJE	VENT.	Horas	

ESQUEMAS DE CONEXIÓN			









## **7.4. Ejemplos de aplicación de planillas mantenimiento eléctrico.-**

### **7.4.1. Sistema de neumático y aire comprimido.-**

#### **7.4.1.1. Descripción del problema.-**

La descarga de los áridos en planta se efectúa a partir de la apertura de compuertas que están gobernadas por pistones que a su vez son accionados por aire comprimido que es alimentado por un compresor de aire con un motor de 20HP de potencia conectado a una red trifásica de 380V a una frecuencia de 50Hz.

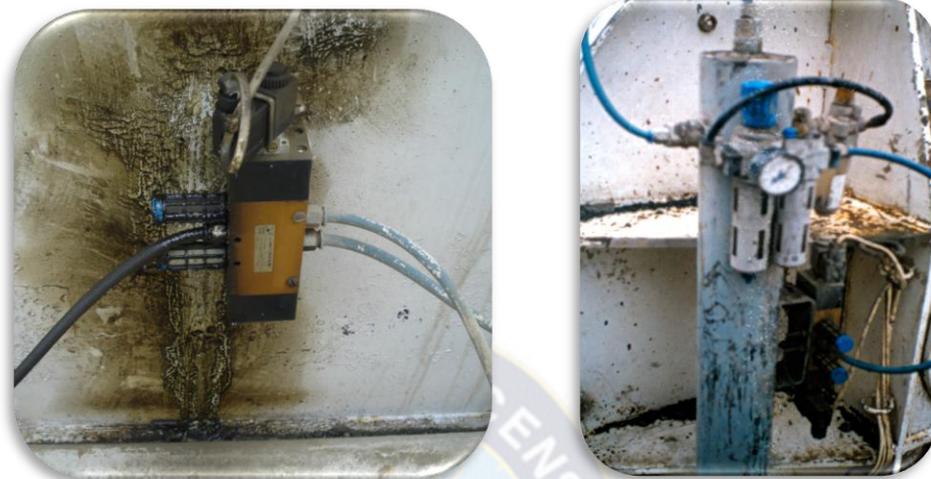
Cuando la tarea de alimentar la carga para la elaboración del hormigón hacia el mezclador, las compuertas de los depósitos que contienen a los áridos no abren o si lo hacen no cierran o en otro caso los pistones no responden o lo hacen de modo muy irregular, es decir se traban.

Se ha notado además que en los pistones existen fugas de aire y fuga de líquido contaminante, por lo que los pistones presentan oxidaciones en su parte exterior.

También se notó por los reportes del operador que el compresor generalmente para y se enciende constantemente.

#### **7.4.1.2. Análisis de la situación.-**

- a. El primer indicio de que el sistema de aire comprimido estaba dañado es la presencia de oxidación de las partes externas de los pistones, que no permiten la apertura de las compuertas.
- b. Las paradas y marchas del motor del compresor implican un mal funcionamiento del regulador de presión del tanque de aire comprimido que es alimentado por el motor-compresor, que es afectado por que el sistema de aire comprimido se encuentra contaminado.
- c. Un motor en funcionamiento tan crítico de encendido constante implica un mayor consumo de corriente durante los arranques que provoca calentamiento en las bobinas del estator del motor eléctrico.
- d. Los dispositivos de operación control y protección ligados al motor eléctrico del compresor de aire fallan y operan de modo irracional.
- e. El mecanismo de compresión mecánica de aire podría ser parte del problema del aire contaminado en todo el sistema.
- f. Se cuenta con un tanque de almacenamiento de aire comprimido de 200 litros a una presión de 10 a 12 bares, que no es mantenido periódicamente por lo que la válvula de escape se activa a cada instante.



#### 7.4.1.3. Solución aplicada al caso.-

1. Relevamiento de todo el sistema neumático de aire comprimido en planta.
2. Relevamiento de los circuitos eléctricos comprendidos en el sistema neumático en planta.
3. Establecer un programa de mantenimiento aplicado al sistema neumático mediante la aplicación de planillas diseñadas para este caso.

Para el primer paso se aplicó la tabla de inventario de materiales bajo el título de “SISTEMA NEUMÁTICO EN PLANTA” y “CIRCUITOS ELECTRONEUMÁTICOS” para el segundo paso, luego las Ordenes de Trabajo “LIMPIEZA TOTAL- A” y “LIMPIEZA TOTAL- B”.

<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>			
CO – Nº ...../ 08		SOBOCE SA - READY MIX – P1	
		<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO</b>	

<b>LIMPIEZA TOTAL - A - SISTEMA NEUMATICO EN PLANTA</b>							
CODIGO MAQUINA	FECHA DE LIMPIEZA			ANTES DEL TRABAJO			EMPLAZAMIENTO DE PARTES
	DIA	MES	AÑO	LIMPIO	SUCIO	USADO	
CAC001	3	4	2005			x	Horizontal sobre el piso
MAC001	3	4	2005		X		En el tanque del compresor
VAC001	3	4	2005		X		En el tanque del compresor
FAC001	3	4	2005		X		En pared vertical
FAC002	3	4	2005		X		En pared vertical
TAC001	3	4	2005		X		En todo el recorrido del aire comprimido
DAC001	3	4	2005		X		Sobrepuesto en las paredes del dosificador
DAC002	3	4	2005		X		Sobrepuesto en las paredes del dosificador
DAC003	3	4	2005		X		Sobrepuesto en las paredes del dosificador
DAC004	3	4	2005		X		Sobrepuesto en las paredes del dosificador
PAC001	3	4	2005			X	Sobrepuesto en la compuertas del dosificador
PAC002	3	4	2005			X	Sobrepuesto en la compuertas del dosificador
PAC003	3	4	2005			X	Sobrepuesto en la compuertas del dosificador
PAC004	3	4	2005			X	Sobrepuesto en la compuertas del dosificador
PAC005	3	4	2005			X	Sobrepuesto en la compuertas del dosificador
PAC006	3	4	2005			X	Sobrepuesto en la compuertas del dosificador

Hoja	Elaborado por:	Autorizado por:
------	----------------	-----------------

<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>			
CO - Nº ...../ 08		SOBOCE SA - READY MIX - P1	
<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO</b>			

<b>LIMPIEZA TOTAL - B - CIRCUITO ELECTRONEUMATICO</b>							
CODIGO MAQUINA	FECHA DE LIMPIEZA			ANTES DEL TRABAJO			EMPLAZAMIENTO DE PARTES
	DIA	MES	AÑO	LIMPIO	SUCIO	USADO	
MCB001	4	4	2005	X			En tablero principal
CBP001	4	4	2005			X	En tablero principal
MCA001	4	4	2005		X		Horizontal en compresor de aire
CEN001	4	4	2005			X	En todo el sistema electroneumático
EVD001	4	4	2005			X	En el sistema electroneumatico
EVD002	4	4	2005			X	En el sistema electroneumatico
EVD003	4	4	2005			X	En el sistema electroneumatico
EVD004	4	4	2005			X	En el sistema electroneumatico
EVD005	4	4	2005			X	En el sistema electroneumatico
EVD006	4	4	2005			X	En el sistema electroneumatico

Hoja	Elaborado por:
------	----------------

Autorizado por:
-----------------

Una vez admitido el reporte de la planillas de “LIMPIEZA TOTAL A y B” se llegó a las conclusiones descritas a continuación:

### Sistema Neumático en Planta:

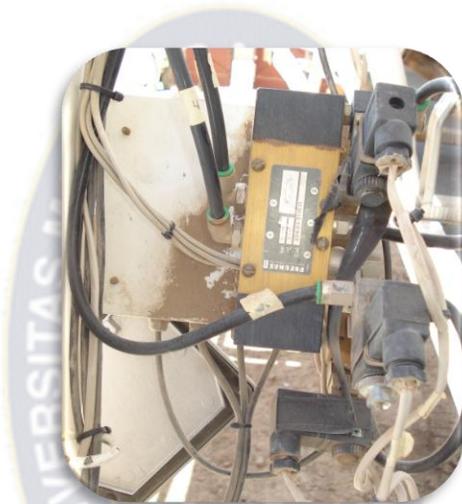
Ítem.	Problema	Solución
1	El tanque de almacenamiento de aire comprimido se encontraba sucio y contaminado con líquido por falta de mantenimiento y drenaje periódico.	Limpeza y lavado del tanque del almacenamiento de aire comprimido. Cambio de válvula de drenaje.
2	Equipo de mantenimiento neumático funcionando con mucho líquido en sus filtros y mal calibrado.	Limpeza y lavado del sistema de mantenimiento de aire comprimido. Cambio de filtro y de aceite lubricante.
3	Manómetros del sistema de mantenimiento y el del tanque de almacenamiento no calibrados.	Cambio y calibración de los manómetros en escala de bares.
4	Tuberías de todo el sistema de aire comprimido contaminados con líquido sucio.	Lavado, secado y cambio parcial de las tuberías de todo el sistema neumático.
5	Distribuidores, silenciadores sucios y oxidados por falta de mantenimiento adecuado.	Limpeza, cambio de piezas internas de distribuidores y cambio de silenciadores.
6	Pistones oxidados y sucios por falta de mantenimiento respectivo.	Limpeza y cambio de piezas internas de pistones.
7	Filtros de ingreso de aire al sistema mecánico de compresión sucio y no renovado desde la compra.	Limpeza del compresor de aire. Reposición de filtros de aire.
8	Aceite de lubricación del compresor de aire sucio y no renovado desde la compra.	Limpeza y cambio de aceite de lubricación del compresor de aire.

9	Pistones del compresor mecánico de aire con anillas en mal estado.	Cambio de anillas y mantenimiento interno del compresor de aire.
10	Presostato del compresor de aire mal graduado y sucio por falta de limpieza.	Cambio de Presostato por estar dañado

### Circuito Electro neumático:

Ítem.	Problema	Solución
1	Termo magnético de protección del motor eléctrico sobrecalentado.	Diseño nuevo de la protección del motor eléctrico y renovación del mismo.
2	Contactador de operación del motor eléctrico dañado por exceso de funcionamiento.	Diseño de un nuevo contactor para el motor eléctrico existente.
3	Relé de sobrecarga del motor eléctrico sobrecalentado y mal graduado.	Diseño de un nuevo sistema de protección empleando un guardamotor que responda al funcionamiento del motor del compresor.
4	Cableado del circuito del motor eléctrico fuera de diseño y sobrecalentado.	Rediseño y cambio del cableado del motor eléctrico del compresor de aire.
5	Circuitos de las electroválvulas sin protección física y sin sujeciones.	Cambio de electroválvulas dañadas y sujetados con pernos.
6	Circuito de mando sin entubar.	Entubado del circuito de mando con tubería metálica.
7	Presostato presenta conexiones precarias.	Cambio de presostato y conexionado correcto.
8	Motor eléctrico presenta calentamiento externo excesivo.	Mantenimiento de las bobinas del motor y limpieza del motor externamente.

9	Botoneras de operación desgastados.	Cambio de botoneras.
10	Circuito de encendido fuera del control del operador de planta.	Circuito de encendido del motor compresor enclavado y traslado al tablero del operador.



#### 7.4.1.4. Relación costo beneficio.-

##### A. Sin intervención de Mantenimiento.

Si las fallas no se hubieran detectado a tiempo las consecuencias se reflejarían en daños del sistema neumático y electro neumático implicando la compra de nuevos elementos y equipos eléctricos con los costos que representan la renovación total como se muestra en el cuadro siguiente:

<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>		
CO - Nº ...../ 08	SOBOCE SA - READY MIX - P1	
<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO</b>		

<b>COMPRA DE MATERIALES</b>					
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN	P.U. Bs.	TOT. Bs.
1	1	Pza	Compresor de aire 20 HP	5655,20	5655,20
2	1	Pza	Motor eléctrico 3f, 50Hz, 20HP	6830,70	6830,70
3	2	Pza	Unidad de mantenimiento neumático	1756,00	3512,00
4	2	Pza	Manómetro de presión de aire	643,00	1286,00
5	30	Mtr	Tuberias de aire comprimido de 5/8"	43,00	1290,00
6	8	Pza	Eléctrovalbula de solenoide	78,00	624,00
7	1	Pza	Presostato de aire	237,00	237,00
8	6	Pza	Pulsadores planos de tablero	33,75	202,50
9	1	Pza	Interruptores termomagneticos de 3-40 A	209,60	209,60
10	1	Pza	Contactador de 15 kW, 220 V, AC-3	400,40	400,40
11	1	Pza	Relé de sobrecarga 3 x 20-40 A,	472,00	472,00
12	1	Pza	Tablero de distribución eléctrico	1260,00	1260,00
.....	.....	.....	.....	.....	0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
<b>TOTAL EN BOLIVIANOS</b>					<b>21979,40</b>

<b>Notas:</b>	

**B. Con intervención de Mantenimiento.**

ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN	P.U. Bs.	TOT. Bs.
1	1	Glb	Reparación del compresor de aire	659,00	659,00
2	1	Pza			

**7.4.1.5. Costo global del mantenimiento.-**

Aplicando la ecuación del costo global del mantenimiento al trabajo efectuado tenemos que:





<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>			
CO - Nº ...../ 08		SOBOCE SA - READY MIX - P1	
		MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO	

VERIFICACIÓN DEL SISTEMA NEUMATICO EN PLANTA				
CODIGO MAQUINA	TAREA ASIGNADA	ACCIÓN		
		SI	NO	OBS
CAC001	Compresor de aire en servicio normal			
MAC001	Revizar funcionamiento del sistema de mantenimiento			
VAC001	Verificar la valbula de aire comprimido			
FAC001	Verificar filtro de aire comprimido No.1			
FAC002	Verificar filtro de aire comprimido No.2			
TAC001	Verificar la tuberia de aire comprimido			
DAC001	Revizar funcionamiento del distribuidor de neumático No.1			
DAC002	Revizar funcionamiento del distribuidor de neumático No.2			
DAC003	Revizar funcionamiento del distribuidor de neumático No.3			
DAC004	Revizar funcionamiento del distribuidor de neumático No.4			
PAC001	Verificar funcionamiento del piston neumático No.1			
PAC002	Verificar funcionamiento del piston neumático No.2			
PAC003	Verificar funcionamiento del piston neumático No.3			
PAC004	Verificar funcionamiento del piston neumático No.4			
PAC005	Verificar funcionamiento del piston neumático No.5			
PAC006	Verificar funcionamiento del piston neumático No.6			

FECHA DE EJECUCIÓN			Ejecutado por:
DIA	MES	AÑO	

Autorizado por:
-----------------

<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>		
CO - Nº ...../ 08	SOBOCE SA - READY MIX - P1	
<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO</b>		

<b>VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO EN PLANTA</b>				
CODIGO MAQUINA	TAREA ASIGNADA	ACCIÓN		
		SI	NO	OBS
MCB001	Está activado correctamente el Disyuntor principal			
CBP001	Está activado correctamente el Disyuntor del compresor			
MCA001	Verificar funcionamiento normal del motor del compresor de aire			
CEN001	Verificar el cableado del circuito electroneumático			
EVD001	Verificar funcionamiento normal de electrov albula de distribuidor No.1			
EVD002	Verificar funcionamiento normal de electrov albula de distribuidor No.2			
EVD003	Verificar funcionamiento normal de electrov albula de distribuidor No.3			
EVD004	Verificar funcionamiento normal de electrov albula de distribuidor No.4			
EVD005	Verificar funcionamiento normal de electrov albula de distribuidor No.5			
EVD006	Verificar funcionamiento normal de electrov albula de distribuidor No.6			

FECHA DE EJECUCIÓN			Ejecutado por:
DIA	MES	AÑO	

Autorizado por:
-----------------

## 7.4.2. Sistema de agua en planta.-

### 7.4.2.1. Descripción del problema.-

El agua con que se alimenta la planta dosificadora para la preparación del hormigón se almacena en tanques metálicos de 5000 litros de capacidad, y son impulsados hacia los depósitos secundarios en planta mediante Bombas de agua eléctricos de 25 HP de potencia trifásica a una frecuencia de red de 50 Hz a 380 Voltios, del tipo de aspas. Y estos a su vez son impulsados por dos bombas de agua eléctricos de 5 HP de potencia trifásica a una frecuencia de 50 Hz a 380 Voltios, que intercalan su funcionamiento según la solicitud del operador.

Por el recorrido de la tubería de agua se encuentran los flujómetros y caudalímetros que miden la cantidad de agua solicitada por el sistema que cuenta con lectores digitales de los registros del caudal ingresado al mezclador de hormigón.

La alimentación de agua al mezclador de hormigón sufre retardos por dos razones fundamentales, la primera por enfriamiento del agua a bajas temperaturas y el frenado del motor y uno adicional es que el caudal no llega según lo solicitado o lo que es peor se tiene retrasos cada vez más prolongados para llegar al caudal solicitado.

Las lecturas en el panel del operador no reflejan el caudal programado o simplemente no existe lectura del caudal de agua ingresando al mezclador.



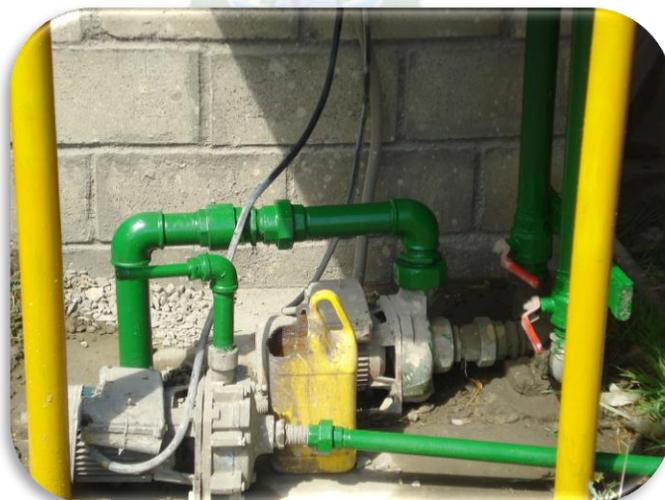
#### 7.4.2.2. Análisis de la situación.-

- a. Como parámetro primordialmente sospechoso se pudo evidenciar la inconsistente lectura del caudalímetro en el panel del operador.
- b. Los motores eléctricos si presentan frenado en su funcionamiento.
- c. Por las mañanas el agua se congela en las tuberías en su recorrido.
- d. Los caudalímetros no son coherentes con la lectura en el panel del operador.
- e. La tubería de descarga de agua presenta fugas.
- f. El protector de bobinas interno del motor se activa con frecuencia.
- g. Cuando los vehículos de transporte de hormigón emplean agua suelen parar o disminuir caudal hacia el mezclador.

#### 7.4.2.3. Solución aplicada al caso.-

1. Relevamiento de todo el sistema de agua en planta.
2. Relevamiento de los circuitos eléctricos comprendidos en el sistema de agua en planta.
3. Establecer un programa de mantenimiento aplicado al sistema de agua en planta mediante la aplicación de planillas diseñadas para este caso.

Para el primer paso se aplico la tabla de inventario de materiales bajo el título de “SISTEMA DE AGUA EN PLANTA” y “CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE AGUA” para el segundo paso, luego las Ordenes de Trabajo “LIMPIEZA TOTAL- A” y “LIMPIEZA TOTAL- B”.







Una vez admitido el reporte de la planillas de “LIMPIEZA TOTAL A y B” se llegó a las conclusiones descritas a continuación:

### Sistema de Agua en Planta:

Ítem.	Problema	Solución
1	El agua se congela por las mañanas y esto retrasa la producción de hormigón.	Recubrimiento de las tuberías de agua.
2	El motor de 25 HP se frena por suciedad del agua en el tanque de 2000 litros.	Elevar el grifo de salida por encima de la sedimentación de lodo. Limpieza de la turbina de la bomba de agua.
3	Existen fugas de agua en las tuberías del sistema en planta.	Sellar las fugas de agua y recambio de algunos tramos críticos.
4	Los operadores de vehículos de transporte de hormigón perjudican el caudal hacia el mezclador en planta.	Instalar un nuevo sistema de agua desde el tanque principal independiente para el uso de transportes.

### Circuitos Eléctricos de Agua:

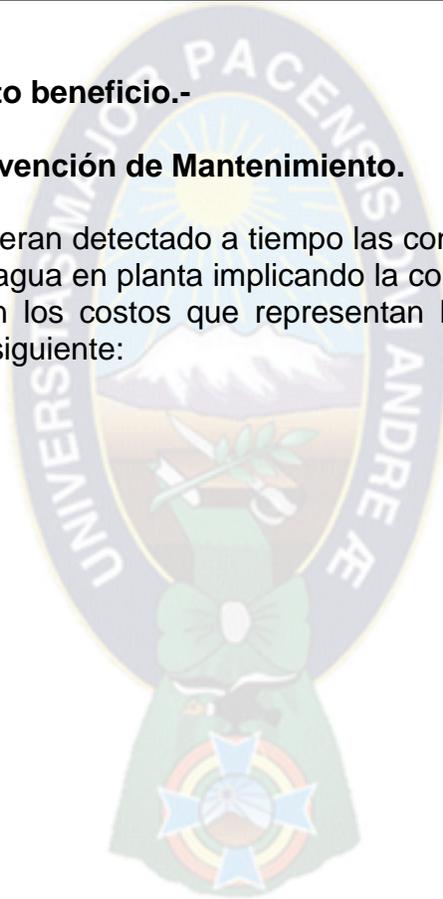
Ítem.	Problema	Solución
1	Los caudalímetros y flujómetros no mandan señal al panel del operador.	Revisión y reparación de los circuitos de caudalímetros y flujómetros.
2	El protector de bobinas del motor de 25 HP reacciona con frecuencia por el frenado la provocado por el agua sucia compuesta por lodo sedimentado en el tanque principal.	Recambio del protector de bobina de motor. Mantenimiento de bobinas del motor de 25 HP.
3	El agua se congela por las mañanas y esto retrasa la	Se instala un nuevo circuito de calefacción eléctrico al tanque de

	producción de hormigón.	almacenamiento de agua.
4	Los operadores de vehículos de transporte de hormigón perjudican el caudal hacia el mezclador en planta.	Instalación de un nuevo circuito de bombas de agua para vehículos.
5	Los relés de sobrecarga de las bombas de agua se recalentaron.	Recambio de relés de sobrecarga de bombas de agua en planta.

#### 7.4.2.4. Relación costo beneficio.-

##### A. Sin intervención de Mantenimiento.

Si las fallas no se hubieran detectado a tiempo las consecuencias se reflejarían en daños del sistema de agua en planta implicando la compra de nuevos elementos y equipos eléctricos con los costos que representan la renovación total como se muestra en el cuadro siguiente:



<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>		
CO - Nº ...../ 08	SOBOCE SA - READY MIX - P1	
<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO</b>		

<b>COMPRA DE MATERIALES</b>					
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN	P.U. Bs.	TOT. Bs.
1	1	Pza	Bomba de agua de 25 HP	5890,00	5890,00
2	1	Pza	Motor eléctrico 3f, 50Hz, 25HP	6830,30	6830,30
3	1	Pza	Flujometro eléctrico 220V, 50 Hz	1241,00	1241,00
4	20	Mtr	Tuberia de Fe de 2"	60,00	1200,00
5	1	Pza	Bomba de agua de 5 HP	1985,40	1985,40
6	15	Mtr	Tuberia de Fe de 1"	40,00	600,00
7	1	Glb	Arranque de motor de 25 HP	2354,00	2354,00
8	1	Glb	Arranque de motor de 5 HP	1025,00	1025,00
9	1	Pza	Tablero de distribución eléctrico	1260,00	1260,00
10	1	Pza	Motor eléctrico 3f, 50Hz, 5HP	2281,70	2281,70
.....	.....	.....	.....	.....	0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
<b>TOTAL EN BOLIVIANOS</b>					<b>24667,40</b>

<b>Notas:</b>	

**B. Con intervención de Mantenimiento.**

<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>			
CO - Nº ...../ 08		SOBOCE SA - READY MIX - P1	
<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO</b>			

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>					
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN	P.U. Bs.	TOT. Bs.
1	1	Glb	Mantenimiento a la bomba de agua	320,00	320,00
2	1	Glb	Mantenimiento motor de bomba de agua	67,00	67,00
3	1	Glb	Limpieza de valbula de succión	35,00	35,00
4	1	Glb	Reparación de tramos dañados en tuberia	85,00	85,00
5	1	Glb	Instalación bomba de agua p/operadores	2510,00	2510,00
6	1	Glb	Recambio de protector térmico en motor	98,00	98,00
7	1	Glb	Instalación de nuevo circuito de bombas	1090,00	1090,00
8	1	Pza	Recambio de relé de sobrecarga	270,00	270,00
9	1	Pza	Tablero de distribucion de circuitos	1260,00	1260,00
10	1	Glb	Recubrimiento de tuberias	200,00	200,00
.....	.....	.....	.....	.....	0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
<b>TOTAL EN BOLIVIANOS</b>					<b>5935,00</b>

<b>Notas:</b>	

**7.4.2.5. Costo global del mantenimiento.-**

Aplicando la ecuación del costo global del mantenimiento al trabajo efectuado tenemos que:

$$\mathbf{CGM = CIM + CFM + CAM + AIM}$$

**Donde:**

Costo global de mantenimiento (CGM) = ¿?

Costo de intervenciones de mantenimiento (CIM) = Bs. 5935,-

Costo de fallas de mantenimiento (CFM) = Bs. 24667,40

Costo de almacenamiento de mantenimiento (CAM) = Bs. 0,-

Amortización de inversiones en mantenimiento (AIM) = 0,-

**a). Resultado sin intervención de mantenimiento:**

$$CGM = CIM + CFM + CAM + AIM = 0 + 24667.4 + 0 + 0 = 24667.4$$

$$CGMa = Bs. 24667.4.-$$

**b). Resultado sin intervención de mantenimiento:**

$$CGM = CIM + CFM + CAM + AIM = 5935 + 0 + 0 + 0 = 5935$$

$$CGMb = Bs. 5935.-$$

Los resultados obtenidos en las ecuaciones nos reproducen una diferencia de Bs. 18732,4 que representa un ahorro para la empresa.

$$\mathbf{CGMa = Bs. 24667.4.- > CGMb = Bs. 5935.-}$$

**7.4.2.6. Costo horario de mantenimiento.-**

Aplicando la ecuación del costo horario de mantenimiento al trabajo efectuado tenemos que:

$$\mathbf{CHM = GTM / THI}$$

**Donde:**

Costo Horario de Mantenimiento (CHM) = ¿?  
Gastos Totales de Mantenimiento (GTM) = Bs. 5935,-  
Total Horas de Intervención (THI) = 12 horas

**a). Resultado sin intervención de mantenimiento:**

$$\text{CHM} = \text{GTM} / \text{THI} = 24667.4 / 32 = 770,80$$

$$\text{CHM} = 770,80 \text{ Bs/h}$$

**b). Resultado con intervención de mantenimiento:**

$$\text{CHM} = \text{GTM} / \text{THI} = 5935 / 12 = 494,58$$

$$\text{CHM} = 494,58 \text{ Bs/h}$$

Los resultados obtenidos en las ecuaciones nos reproducen una diferencia de 267,22 Bs/h que representa un ahorro para la empresa.

Aclaremos que se consideran las jornadas de 8 horas laborales, que se consideran como parámetro de cálculo.



Para la implantación de un programa de mantenimiento planificado se elaboró las siguientes planillas que sirven para la verificación correspondiente, tal como se muestra en los siguientes cuadros.

<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>			
CO - Nº ...../ 08		SOBOCE SA - READY MIX - P1	
		<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO</b>	

<b>VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA EN PLANTA</b>				
CODIGO MAQUINA	TAREA ASIGNADA	ACCIÓN		
		SI	NO	OBS
VAO001	Verificar limpiezaz de v álbula de agua principal			
BAP001	Verificar el funcionamiento normal de la bomba de agua principal			
GAP001	Verificar funcionamiento normal del grifo de agua central			
TAP001	Verificar funcionamiento normal de la tubería de agua			
FAP001	Verificar el funcionamiento normal del flujometro de agua			

FECHA DE EJECUCIÓN			Ejecutado por:	Autorizado por:
DIA	MES	AÑO		

<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>			
CO - Nº ...../ 08		SOBOCE SA - READY MIX - P1	
		<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO</b>	

<b>VERIFICACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE AGUA</b>				
CODIGO MAQUINA	TAREA ASIGNADA	ACCIÓN		
		SI	NO	OBS
MBA001	Verificar el funcionamiento normal del motor de bomba de agua			
RSB001	Verificar el funcionamiento normal del relé de sobrecarga bomba agua			
AMB001	Verificar arrancador de la bomba de agua No.1			
FMB001	Verificar fusible de la bomba de agua No.1			

FECHA DE EJECUCIÓN			Ejecutado por:	Autorizado por:
DIA	MES	AÑO		

### **7.4.3. Sistema curado de hormigón.-**

#### **7.4.3.1. Descripción del problema.-**

Mediciones de los ensayos de laboratorio referidos al tanque de curado presentan errores de medición y precisión del valor de temperatura del agua en el que se sumergen los cilindros de hormigón, debido a que el registrador de temperatura es analógico y no cuenta con un sistema de calefacción adecuada dentro el tanque de curado.

Los ensayos posteriores en laboratorio arrastran errores de medición que afectan al valor del resultado final y por consecuencia a la calidad del producto final.

#### **7.4.3.2. Análisis de la situación.-**

- a. La instalación eléctrica es precaria por falta de un diseño adecuado al sistema de curado.
- b. Para el calentamiento de agua se cuenta con resistencias empleados en calentadores de ducha, se queman constantemente.
- c. El calentamiento del agua no es homogéneo en todo el tanque.
- d. La graduación de temperatura se lo efectúa con un termómetro analógico y se desconecta la resistencia en forma manual.

#### **7.4.3.3. Solución aplicada al caso.-**

1. Relevamiento de todo el sistema de curado en laboratorio.
2. Relevamiento de los circuitos eléctricos comprendidos en el sistema de tanque de curado en laboratorio para establecer un nuevo diseño.
3. Establecer un programa de mantenimiento aplicado al sistema de tanque de curado de hormigón en laboratorio mediante la aplicación de planillas diseñadas para este caso.

Para el primer paso se aplico la tabla de inventario de materiales bajo el título de "SISTEMA DE CURADO DE HORMIGON" y "CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE SISTEMA DE CURADO DE HORMIGON" para el segundo paso, luego la Orden de Trabajo "LIMPIEZA TOTAL- A"



Una vez admitido el reporte de la planilla de “LIMPIEZA TOTAL A” se llegó a las conclusiones descritas a continuación:

### Curado de hormigón:

Ítem.	Problema	Solución
1	El llenado de agua al tanque es manual y la evacuación es inadecuada.	Instalación de tuberías de agua para que la alimentación y la evacuación sea por circuito hidráulico.

### Circuitos Eléctricos curados de hormigón:

Ítem.	Problema	Solución
1	Empleo de resistencias de ducha para calentar el agua.	Instalación de resistencias sumergibles de potencia 5400 W, 220 V, 50Hz
2	El calentamiento del agua no es uniforme en todo el tanque.	Instalación de bomba de agua de 1 HP, 220V, 50Hz, en un circuito hidráulico independiente para que la recirculación de agua permita la temperatura de agua en el tanque sea homogénea.
3	La regulación de la temperatura es manual mediante un termómetro de mercurio.	Instalación de un controlador de temperatura digital y termocupla para la precisión de los datos de lectura de temperaturas automatizadas la bomba de agua y resistencia sumergida.
4	El nivel de iluminación es defectuoso tratándose de un laboratorio.	Instalación de luminarias fluorescentes en el ambiente del laboratorio.
5	No cuenta con circuitos de tomacorrientes y de fuerza para el	Instalación de un tablero de distribución con los diferentes

	trabajo de laboratorio.	circuitos requeridos en laboratorio.
--	-------------------------	--------------------------------------

Para el tercer paso se diseño las siguientes planillas para que sirvan en la tarea de mantenimiento del sistema neumático, que corresponde al siguiente cuadro:



#### 7.4.3.4. Relación costo beneficio.-

##### A. Sin intervención de Mantenimiento.

Las fallas detectadas se reflejaban en ensayos y lecturas incorrectas con una carga de errores en los resultados de las pruebas de laboratorio, por lo porque debería instalarse un nuevo diseño a partir del tanque de curado existente.



Aplicando la ecuación del costo global del mantenimiento al trabajo efectuado tenemos que:

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CFM} + \text{CAM} + \text{AIM}$$

**Donde:**

Costo global de mantenimiento (CGM) = ¿?  
 Costo de intervenciones de mantenimiento (CIM) = Bs. 4533,-  
 Costo de fallas de mantenimiento (CFM) = 0,-  
 Costo de almacenamiento de mantenimiento (CAM) = Bs. 0,-  
 Amortización de inversiones en mantenimiento (AIM) = 0,-

**a). Resultado sin intervención de mantenimiento:**

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CFM} + \text{CAM} + \text{AIM} = 0 + 0 + 0 + 0 = 0$$

$$\text{CGMa} = \text{Bs. } 0,-$$

**b). Resultado con intervención de mantenimiento:**

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CFM} + \text{CAM} + \text{AIM} = 4533 + 0 + 0 + 0 = 4533$$

$$\text{CGMb} = \text{Bs. } 4533,-$$

#### 7.4.3.6. Costo horario de mantenimiento.-

Aplicando la ecuación del costo horario de mantenimiento al trabajo efectuado tenemos que:

$$\text{CHM} = \text{GTM} / \text{THI}$$

**Donde:**

Costo Horario de Mantenimiento (CHM) = ¿?  
 Gastos Totales de Mantenimiento (GTM) = Bs. 4533,-  
 Total Horas de Intervención (THI) = 8 horas

**a). Resultado sin intervención de mantenimiento:**

$$\text{CHM} = \text{GTM} / \text{THI} = 0 / 0 = \text{¿?}$$

$$\text{CHM} = 0 \text{ Bs/h}$$

**b). Resultado con intervención de mantenimiento:**

$$\text{CHM} = \text{GTM} / \text{THI} = 4533 / 8 = 566,62$$

$$\text{CHM} = 566,62 \text{ Bs/h}$$

Aclaremos que se consideran las jornadas de 8 horas laborales, que se consideran como parámetro de cálculo.



Para la implantación de un programa de mantenimiento planificado se elaboró las siguientes planillas que sirven para la verificación correspondiente, tal como se muestra en los siguientes cuadros.

<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>		
CO - Nº ...../ 08	SOBOCE SA - READY MIX - P1	
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO		

VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CURADO DE HORMIGÓN				
CODIGO MAQUINA	TAREA ASIGNADA	ACCIÓN		
		SI	NO	OBS
TCH001	Verificar nivel de agua del tanque de curado de hormigón			
ILH001	Verificar iluminación del laboratorio de hormigones no.1			
ILH002	Verificar iluminación del laboratorio de hormigones no.2			

FECHA DE EJECUCIÓN			Ejecutado por:
DIA	MES	AÑO	

Autorizado por:
-----------------



<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>			
CO – N° ...../ 08		SOBOCE SA - READY MIX – P1	
		<b>MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO</b>	

<b>VERIFICACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DEL TANQUE DE CURADO</b>				
CODIGO DE MAQUINA	TAREA ASIGNADA	ACCIÓN		
		SI	NO	OBS
TEH001	Verificar operación normal del Tablero eléctrico de tanque de curado			
CTH001	Verificar operación normal del controlador de temperatura del tanque			
MTH001	Verificar operación normal del motor del tanque de curado			
STA001	Verificar operación normal del sensor de temperatura de agua			
RES001	Verificar operación normal de la resistencia eléctrica sumergida			
CSC001	Verificar el cableado del sistema de curado			

FECHA DE EJECUCIÓN		
DIA	MES	AÑO

Ejecutado por:

Autorizado por:
-----------------

#### 7.4.4. Carga de cemento.-

##### 7.4.4.1. Descripción del problema.-

Cuando se inicia el proceso de elaboración del hormigón, esta se detiene en el momento de llenar el cemento a la balanza que viene de un tornillo sin fin.

El motor del tornillo sin fin presenta fallas de funcionamiento provocando que el relé de sobrecarga reaccione constantemente sacando de servicio al motor antes de que el motor termine la tarea de llenado de cemento a la mezcla.

Las fallas constantes del relé de sobrecarga y el guardamotor correspondiente provocaron el recalentamiento excesivo del motor provocando una parada de planta debido a que todo el proceso está en cascada y no debe fallar ninguno de los procesos en planta.

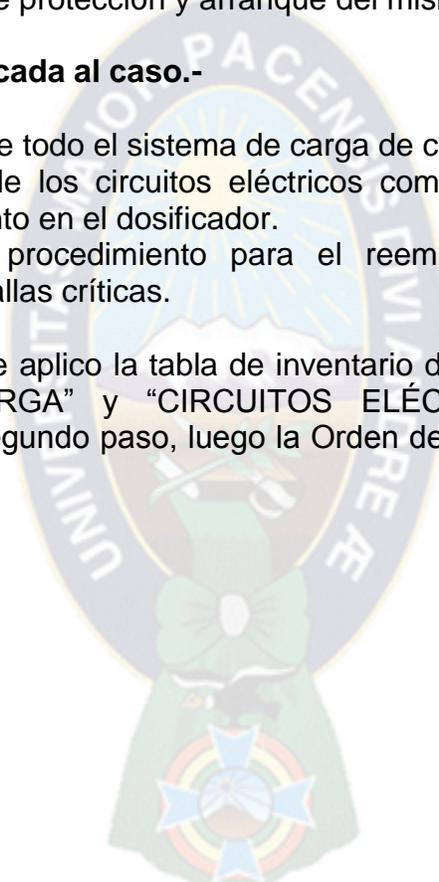
##### 7.4.4.2. Análisis de la situación.-

- a. El tornillo sin fin presenta una falla interna en los pernos de sujeción de las aletas.
- b. El conjunto total del tornillo sin fin presenta una curvatura muy pequeña que evita que el conjunto total sea recto.
- c. La inclinación del tornillo sin fin con la curvatura mínima provocó las fallas constantes en el motor eléctrico que acciona este elemento mecánico.
- d. El recalentamiento en exceso de las bobinas del no permiten al motor eléctrico trabajar en sus parámetros normales.
- e. Las constantes fallas del motor provocaron recalentamiento de los componentes de protección y arranque del mismo.

#### **7.4.4.3. Solución aplicada al caso.-**

1. Relevamiento de todo el sistema de carga de cemento en el dosificador.
2. Relevamiento de los circuitos eléctricos comprendidos en el sistema de carga de cemento en el dosificador.
3. Establecer un procedimiento para el reemplazo de los componentes eléctricos con fallas críticas.

Para el primer paso se aplicó la tabla de inventario de materiales bajo el título de “TORNILLO DE CARGA” y “CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE DE CARGA CEMENTO” para el segundo paso, luego la Orden de Trabajo “LIMPIEZA TOTAL-A”.





**Tornillo de Carga:**

Ítem.	Problema	Solución
1	Tornillo sin fin con curvatura defectuosa.	Se corrigió las fallas mecánicas implicadas en este problema. Se instaló apoyos para que se evite la curvatura.
2	Ingreso de cemento no controlado.	Se instaló una compuerta para facilitar el control de ingreso de cemento al tornillo sin fin.
3	Tornillo sin fin sin ventanas de inspección.	Se instaló ventanas de inspección en diferentes tramos del tornillo sin fin.

**Circuitos Eléctricos de Carga Cemento:**

Ítem.	Problema	Solución
1	Motor recalentado excesivamente.	Una vez evaluado el nivel de recalentado de las bobinas del motor se decidió el reemplazo por un nuevo motor.
2	Las protecciones del motor presentan recalentamiento.	Evalutados estos componentes se decidió el reemplazo para las características del nuevo motor.
3	El contactor del motor está afectado por exceso de temperatura y arco.	Evalutados estos componentes se decidió el reemplazo para las características del nuevo motor.

**7.4.4.4. Relación costo beneficio.-**



Aplicando la ecuación del costo global del mantenimiento al trabajo efectuado tenemos que:

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CFM} + \text{CAM} + \text{AIM}$$

**Donde:**

Costo global de mantenimiento (CGM) = ¿?  
 Costo de intervenciones de mantenimiento (CIM) = Bs. 12761,-  
 Costo de fallas de mantenimiento (CFM) = Bs. 0,-  
 Costo de almacenamiento de mantenimiento (CAM) = Bs. 0,-  
 Amortización de inversiones en mantenimiento (AIM) = 0,-

**a). Resultado sin intervención de mantenimiento:**

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CFM} + \text{CAM} + \text{AIM} = 0 + 0 + 0 + 0 = 0$$

$$\text{CGMa} = \text{Bs. } 0,-$$

**b). Resultado con intervención de mantenimiento:**

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CFM} + \text{CAM} + \text{AIM} = 12761 + 0 + 0 + 0 = 12761$$

$$\text{CGMb} = \text{Bs. } 12761,-$$

#### 7.4.4.6. Costo horario de mantenimiento.-

Aplicando la ecuación del costo horario de mantenimiento al trabajo efectuado tenemos que:

$$\text{CHM} = \text{GTM} / \text{THI}$$

**Donde:**

Costo Horario de Mantenimiento (CHM) = ¿?  
 Gastos Totales de Mantenimiento (GTM) = Bs. 12761,-  
 Total Horas de Intervención (THI) = 7 horas

**a). Resultado sin intervención de mantenimiento:**

$$\text{CHM} = \text{GTM} / \text{THI} = 0 / 0 = \text{¿?}$$

$$\text{CHM} = 0 \text{ Bs/h}$$

**b). Resultado con intervención de mantenimiento:**

$$\text{CHM} = \text{GTM} / \text{THI} = 12761 / 24 = 531,70$$

$$\text{CHM} = 531,70 \text{ Bs/h}$$

Aclaremos que se consideran las jornadas de 8 horas laborales, que se consideran como parámetro de cálculo.



Para la implantación de un programa de mantenimiento planificado se elaboró las siguientes planillas que sirven para la verificación correspondiente, tal como se muestra en los siguientes cuadros.

<b>EMPRESA DE SERVICIOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS SRL</b>		
CO - Nº ...../ 08	SOBOCE SA - READY MIX - P1	
	MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PROGRAMADO	

VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CARGA DE CEMENTO				
CODIGO DE MAQUINA	TAREA ASIGNADA	ACCIÓN		
		SI	NO	OBS
MCC001	Verificar operación normal del motor de carga de cemento No.1			
RCC001	Verificar operación normal del reductor de carga de cemento No.1			
TCC001	Verificar operación normal del tornillo de carga de cemento No.1			
TEC001	Verificar operación normal del tablero electrico carga cemento No.1			

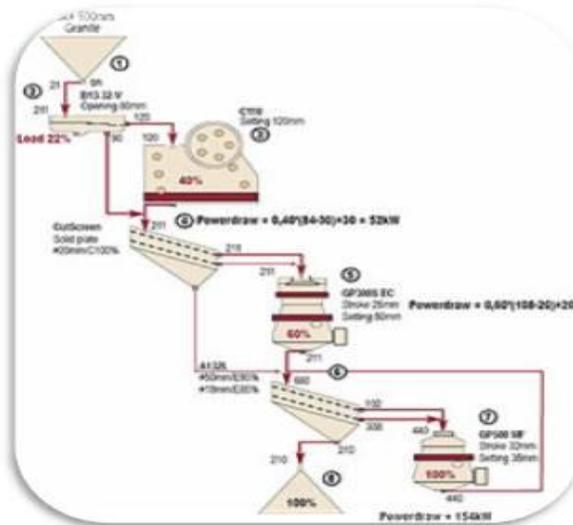
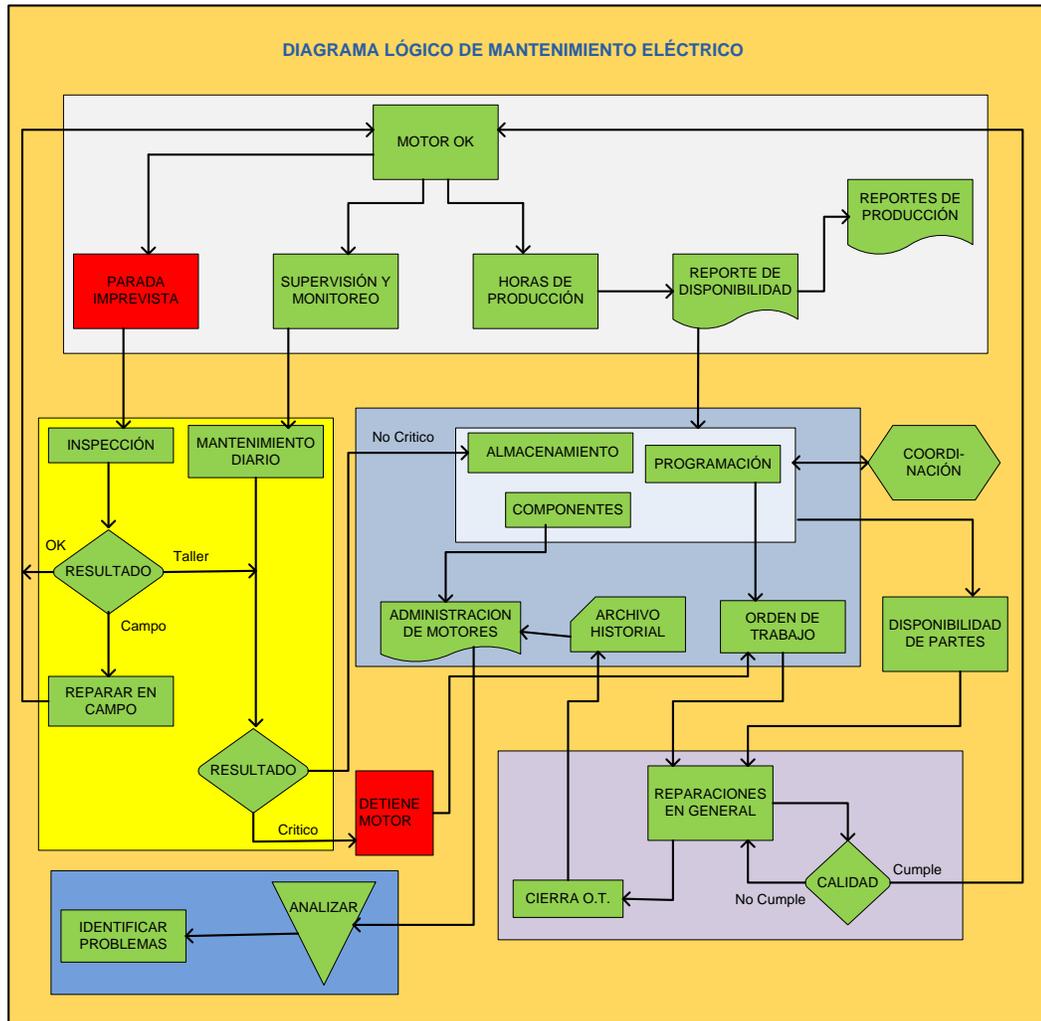
FECHA DE EJECUCIÓN		
DIA	MES	AÑO

Ejecutado por:



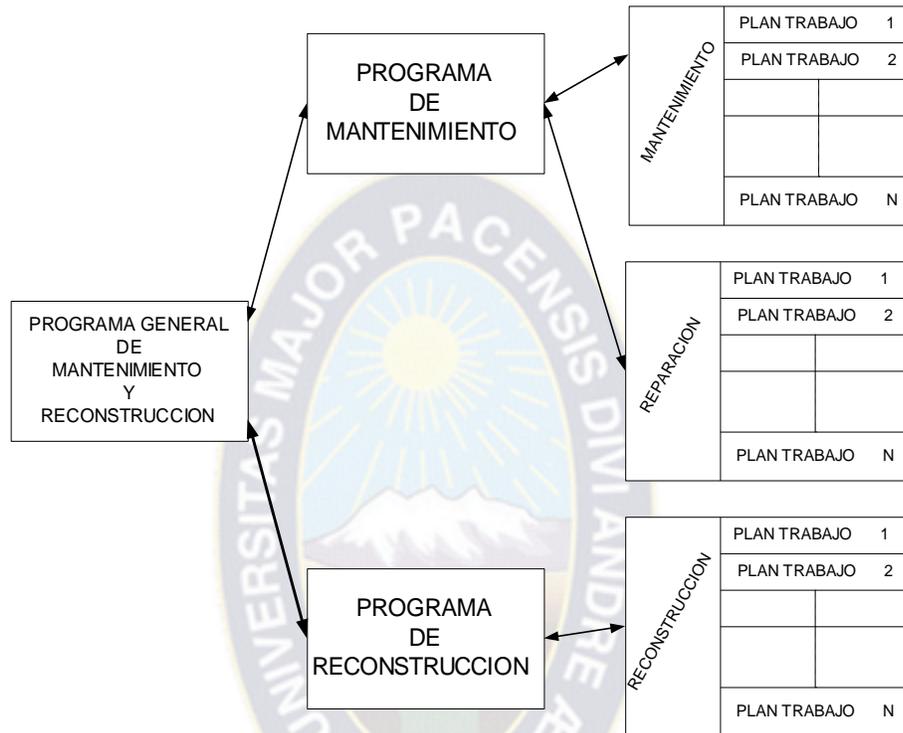
Autorizado por:

### 7.5. Diagrama lógico para el mantenimiento eléctrico.-



## 8. Métodos y herramientas para el mantenimiento eléctrico.-

### ORGANIGRAMA FUNCIONAL DEL MANTENIMIENTO



### Control de la actividad de mantenimiento eléctrico.-

Para la armonización de los procesos que interactúan en la actividad de mantenimiento eléctrico debe existir un Control del Mantenimiento Eléctrico, que permita identificar claramente los siguientes factores:

- ⇒ Qué trabajos serán ejecutados
- ⇒ Cuándo serán ejecutados los trabajos
- ⇒ Qué recursos serán necesarios para la ejecución del trabajo
- ⇒ Cuánto tiempo se invertirá en cada trabajo
- ⇒Cuál será el costo de cada trabajo
- ⇒ Qué materiales serán empleados
- ⇒ Qué maquinas se emplearán
- ⇒ Qué herramientas serán necesarios
- ⇒ Tenemos el instrumental requerido?

- u CONJUNTO INTEGRADO DE ESTRATEGIAS
- u QUE DEFINEN LA MEZCLA DE MERCADEO MÁS ADECUADA

- u A LAS CONDICIONES DEL MERCADO IDENTIFICADAS EN LA INVESTIGACIÓN DE MERCADOS
- u PARA ESTABLECER UN PLAN ESTRATÉGICO DE MERCADEO DE LA EMPRESA
- u EN PROCURA DE NIVELES CRECIENTES DE VENTA
- u QUE CONTRIBUYAN AL CRECIMIENTO, COMPETITIVIDAD, IMAGEN Y RENTABILIDAD DE LA EMPRESA

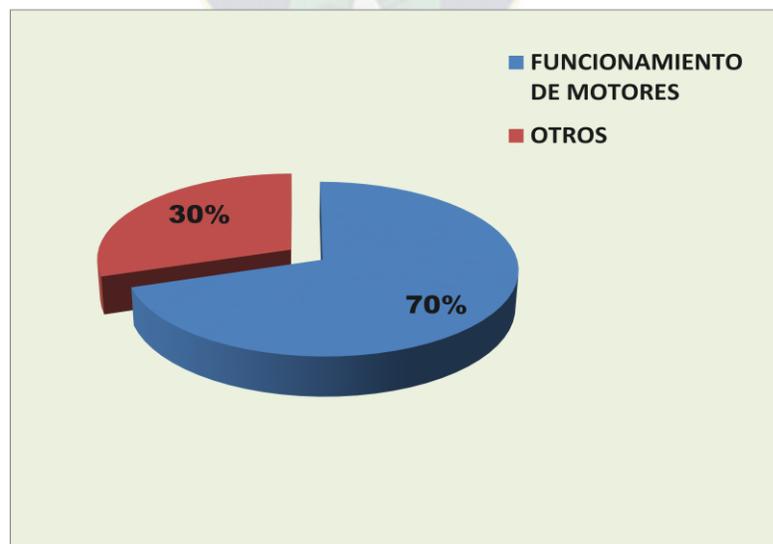
### Protección contra incendios.-

La rutina adecuada de inspección del equipo contra incendios y el personal adiestrado para actuar en caso de incendios de imprescindible pero no lo es todo.

Se deben evitar revisando todos los circuitos y las tomas a tierra y el cable de protección y los sistemas eléctricos como los diferenciales que deben obedecer a las normas de instalación que a su vez establecen responsabilidades.

Si en la instalación no cuentan con sistemas seguros deben recurrirse inmediatamente a la implementación de los mismos bajo un programa y presupuesto.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INDUSTRIA



## 9. Conclusiones y recomendaciones.-

En la forma en que avanza la ciencia y la tecnología los métodos, planes y programas de mantenimiento se están sofisticando cada vez con mayores herramientas que permiten desarrollar nuevos escenarios del mantenimiento.

En el caso del Mantenimiento Eléctrico aún es una tarea que falta desarrollar debido a que en el caso de la industria en producción la mayor cantidad de fallas se dirigen hacia la estructura mecánica de la planta y todos sus procesos.

Cuando existe una falla eléctrica normalmente la tarea en nuestro medio es del orden de intervención correctiva, por lo que se requiere desarrollar aptitudes y actitudes que permitan cambiar el escenario del mantenimiento en general.

La propuesta es que en las diferentes plantas de producción se generen direcciones, Jefaturas, Responsabilidades, otros, que permitan desarrollar la tarea del Mantenimiento Eléctrico con mayor propiedad y a la vez abran nuevos espacios de desenvolvimiento profesional. Esto empujaría a la inclusión de formación en esta área del conocimiento en los diferentes centros de formación profesional.



La falta de profesionales en Mantenimiento Eléctrico en Industria no permite reconocer los problemas por los que atraviesa nuestra industria, pero si contáramos con especialistas la innovación tecnológica se beneficiaría y sobre todo los costos de intervención en reparaciones disminuirían de forma notable bajando los costos de operación e incrementando el nivel de producción.

Sin embargo los conceptos aquí desarrollados plantean un nuevo paradigma para el mantenimiento y se trata de que **“REPARAR NO ES MANTENER”**, es decir que el mantenimiento de rotura o mantenimiento correctivo debe comprenderse como una tarea en situaciones en que el mantenimiento como tal no se ha desarrollado e implantado por completo.

**OJO:**

**“EL PERSONAL DE PRODUCCIÓN,  
NO HACE LA TAREA DE MANTENIMIENTO  
EN NINGUN NIVEL.”**

La anterior afirmación implica también que el personal de operación debe salir de la tarea de mantenimiento y sobre todo de la tarea de mantenimiento eléctrico, por que en nuestro medio industrial operadores o mecánicos efectúan esta tarea sin un conocimiento formal y certificación correspondiente.

Por un criterio de Seguridad Industrial debe considerarse seriamente la propuesta de que sólo personal calificado puede efectuar tareas de mantenimiento eléctrico en industria fundamentalmente, pues uno de los factores de riesgo y accidente eléctrico es precisamente el factor humano no preparado y no autorizado.

En el escenario del Mantenimiento Eléctrico Industrial nos encontramos con un criterio estadístico que refuerza los conceptos desarrollados hasta aquí y que permitirían desarrollarlos aún más y se trata de que del 100% de consumo de la energía eléctrica en la industria el 70% de consumo está en el funcionamiento de motores eléctricos.

Los motores eléctricos son los mayores consumidores de electricidad en la industria y en el comercio. Casi la mitad de la energía eléctrica usada y cerca de las dos terceras partes de la utilizada en la industria es consumida por motores eléctricos.

Las máquinas eléctricas son cada vez más en cantidad y más complejas a la vez. El factor productivo humano se está minimizando y en su lugar las máquinas son las que producen, controlan y empiezan a dirigir en las empresas.

La política productiva de las empresas requiere de producción continua al 100% de su capacidad total todo el tiempo.

Los tiempos y la cantidad deseada en los plazos solicitados por los clientes definen la vida de las empresas.

Qué ocurre si una de todas estas maquinas dentro la cadena productiva se avería.

La producción se para, los materiales se acumulan, la planta no trabaja y las quejas de los clientes atormentan a los Jefes y Gerentes.

La necesidad de un mantenimiento efectivo que garantice la continuidad de la producción ha hecho evolucionar y revolucionar el MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS que es un área de desempeño dentro el mantenimiento eléctrico industrial.

El correcto funcionamiento de las máquinas con el correcto mantenimiento de las mismas, minimiza el riesgo de parada de producción y a la vez mejora sensiblemente la calidad del producto y minimiza los incidentes y los accidentes.

Otro factor importante para que el mantenimiento eléctrico se efectivice es el conocimiento de las potencias que implican en la programación del mantenimiento porque esto responde a la calidad y cantidad de circuitos que se mantendrían.

Vale la pena resaltar que el HISTORIAL DE MAQUINA, EQUIPO Y PARTES es una de las tareas iniciales sobre las cuales se centrará el mantenimiento en todas sus futuras actividades.

Se elaborará un historial por motor en la cual se vaciarán los datos de placa del mismo, el programa de mantenimiento preventivo de por lo menos un año.

Se anotarán las reparaciones que se efectúen por mantenimiento correctivo así como las anomalías que se detecten durante las actividades de mantenimiento preventivo programadas.

Con todos estos datos se podrán ir formando las estadísticas del motor, que será de suma utilidad en el futuro para tomar decisiones sobre su mantenimiento o sustitución.

Siendo este documento muy importante para la concentración de los datos del motor sería conveniente que se elabore con la participación de los encargados de mantenimiento de las diferentes áreas de operación.

La economía juega un papel importante, porque si contamos con una programación efectiva del mantenimiento, podremos hacer el seguimiento de los costos de mantenimiento que luego permitirá programar el presupuesto de mantenimiento del modo más efectivo.

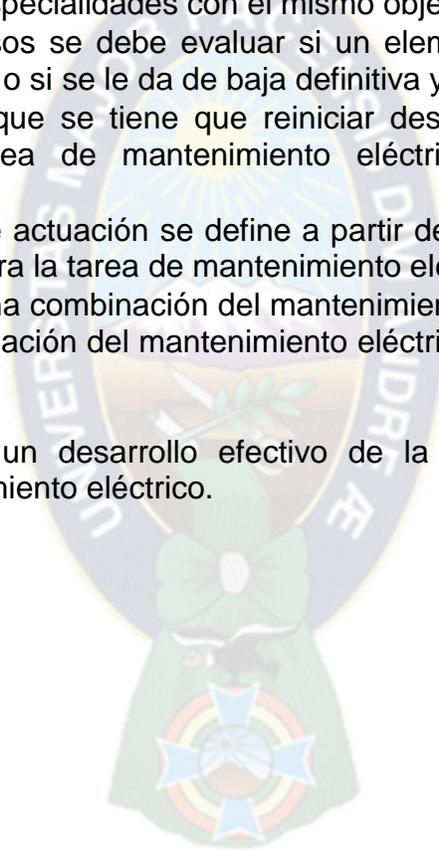
Otra disyuntiva en el mantenimiento industrial eléctrico está relacionada con la decisión de hacer el mantenimiento por cuenta propia o por servicios externos. Entonces tendremos que una vez más evaluar la economía, el tiempo de entrega,

los medios para la ejecución del mantenimiento, tal como se establece en los planes y programas de mantenimiento.

Los ejemplos que nos ilustran mejor tienen cuatro características genéricas muy comunes en mantenimiento eléctrico:

- ⇒ Primera tarea en cualquier caso de mantenimiento es la LIMPIEZA
- ⇒ La segunda tarea es la CODIFICACIÓN de maquinaria, equipo y partes.
- ⇒ Tercera tarea implica iniciar el HISTORIAL de maquinaria, equipo y partes.
- ⇒ No toda actividad al empezar es estrictamente eléctrico.
- ⇒ Para efectivizar el mantenimiento eléctrico es necesario contar con respaldo de diferentes especialidades con el mismo objetivo de mantenimiento.
- ⇒ En algunos casos se debe evaluar si un elemento o maquinaria continúa dentro la planta o si se le da de baja definitiva y cuáles van a reparación.
- ⇒ Los casos en que se tiene que reiniciar desde el diseño nuevo permite iniciar una tarea de mantenimiento eléctrico con una programación apropiada.
- ⇒ La velocidad de actuación se define a partir de la experiencia y los medios tecnológicos para la tarea de mantenimiento eléctrico.
- ⇒ Puede haber una combinación del mantenimiento entre externos e internos, pero la programación del mantenimiento eléctrico debe ser desde dentro de la planta.

Cada factor permite un desarrollo efectivo de la implementación del plan y programa de mantenimiento eléctrico.





## 10. Bibliografía.-

- ✓ Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento  
Ramiro W. Peralta Uría – 2002
- ✓ Mantenimiento función estratégica  
Alan Kardec & Julio Nascif - 2002
- ✓ Riesgo eléctrico  
Alejandro Porrás Criado, Alberto Guerrero Fernández - 2006
- ✓ Manual de mantenimiento de instalaciones

José Roldan Vloria – 2004

- ✓ Manual de maquinas eléctricas y transformadores v.1, v.2, v.3  
Grupo Noriega Editores
- ✓ Instalaciones eléctricas  
Antoni Garcia Pascual - 2005
- ✓ Electricidad industrial  
José Roldan Vloria – 1998
- ✓ Tablas de electrotecnia  
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) – 1985
- ✓ Electrotécnia de potencia curso superior  
Müller Hörnemann, Hübscher Jagla, Larisch Pauly – 1994
- ✓ Instalaciones eléctricas de baja tensión comerciales e industriales  
Ángel Lagunas Marqués – 2003
- ✓ Elementos de Medición y Análisis de Vibraciones en Máquinas Rotatorias  
Evelio Palomino Marín – 2002
- ✓ Diseño y construcción de instalaciones eléctricas interiores en baja tensión  
Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) – 2007

# ANEXOS

## EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL MANTENIMIENTO<sup>5</sup>

<b>Primera Generación</b>	<b>Segunda Generación</b>	<b>Tercera Generación</b>
<b>Antes 1940</b>	<b>1940 1970</b>	<b>Después 1970</b>
<b>AUMENTO DE LAS ESPECTATIVAS CON RELACION AL MANTENIMIENTO</b>		

<sup>5</sup> “Gestión integral del mantenimiento” – Ángel J. Lorenzo A.

Reparación después de la falla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad creciente</li> <li>• Mayor vida útil del equipamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor disponibilidad y confiabilidad.</li> <li>• Mayor costo beneficio</li> <li>• Mejor calidad de los productos.</li> <li>• Preservación del medio ambiente</li> </ul>
<b>CAMBIOS EN LAS TECNICAS DE MANTENIMIENTO</b>		
Reparación después de la falla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadoras grandes y lentas</li> <li>• Sistemas manuales de planeamiento y control de trabajo.</li> <li>• Monitoreo por tiempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo de condición</li> <li>• Proyectos dirigidos a la confiabilidad y la mantenibilidad.</li> <li>• Análisis de riesgo.</li> <li>• Computadoras</li> </ul>
		Pequeñas y rápidas Softwares potentes • Análisis de modos y efectos de fallos FMEA .
<b>Antes 1940</b>	<b>1940 1970</b>	<b>Después 1970</b>
<b>Primera Generación</b>	<b>Segunda Generación</b>	<b>Tercera Generación</b>

**PRIMERA GENERACION.-**

La primera generación abarca el periodo anterior a la Segunda Guerra Mundial cuando la industria era poco mecanizada, los equipamientos eran sencillos y en su gran mayoría eran súper dimensionados.

**SEGUNDA GENERACION.-**

Abarca desde la Segunda Guerra Mundial hasta los años 60. Las presiones del periodo de la guerra aumentaron la demanda de todo tipo de productos al mismo tiempo que el contingente de mano de obra industrial disminuyo sensiblemente. Como consecuencia en este periodo hubo un fuerte aumento de la mecanización, así como la complejidad en la búsqueda de la máxima productividad. La industria era bastante dependiente del buen funcionamiento de las máquinas. Esto llevo a la idea de que las fallas de los equipos podían y deberían ser evitadas, lo que dio origen al concepto mantenimiento preventivo.

En la década de los 60 este tipo de mantenimiento consistía en realizar intervenciones de los equipos a intervalos fijos.

El coste de mantenimiento también comenzó a elevarse mucho en comparación con otros costos operacionales.

Este hecho hizo aumentar los sistemas de planificación y control de mantenimiento que hoy son parte integrante del mantenimiento moderno.

### **TERCERA GENERACION.-**

A partir de los 70 se aceleró el proceso de cambio en las industrias.

La paralización de la producción acompañada siempre de la disminución de la capacidad productiva del aumento de costos y de las afectaciones a la calidad de los productos es una preocupación generalizada.

En la manufactura los efectos de los periodos de paralización se fueron agravando por la tendencia mundial a utilizar sistemas “justo a tiempo” “just in time” que implican stocks reducidos por la producción en proceso que provocan que pequeñas interrupciones en la producción puedan paralizar la fabrica.

El aumento de la automatización y de la mecanización comenzó señalar la confiabilidad como aspectos claves en sectores tan distintos como la salud, el procesamiento de datos, las telecomunicaciones y la administración de edificios. Cada vez más las fallas provocan series consecuencia en la seguridad y el medio ambiente.

En la tercera generación se reforzó el concepto de mantenimiento predictivo.

### **CATALOGOS VARIOS**



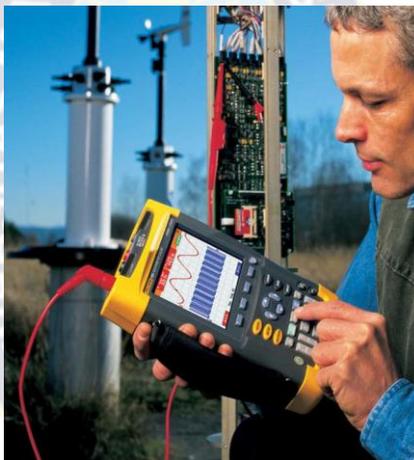
**HERRAMIENTAS DEL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO, EL CASO DE FLUKE**  
**PINZA AMPERIMÉTRICA**



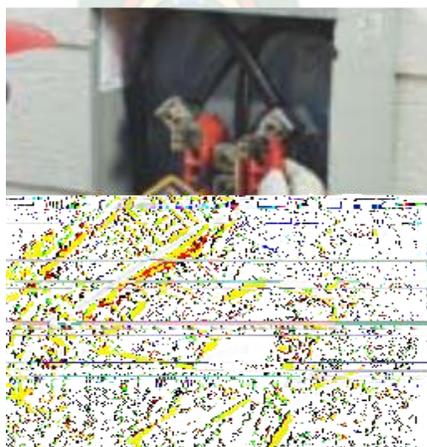
**CAMARAS TERMOGRÁFICAS**



### OSCILOSCOPIOS PORTÁTILES



### MULTIMETRO



### DEDIDORES DE DISTANCIA LASER



**CALIBRADOR DE PRESIÓN ELÉCTRICO**



**TERMOMETRO DIGITAL**



**COMPROBADOR DE ROTACIÓN DE FASES**



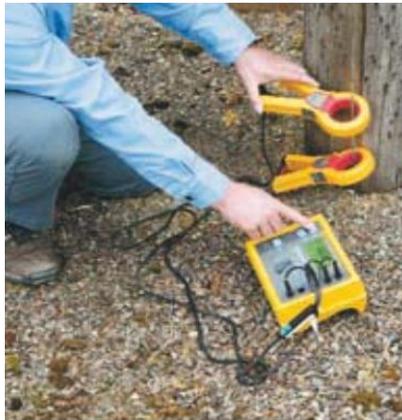
### COMPROBADORES ELÉCTRICOS



### MEDIDOR DE AISLAMIENTO



### COMPROBADORES DE PUESTA A TIERRA



### COMPROBADOR DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS



### COMPROBADORES DE CALIDAD DE AIRE



### ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA



**TODO TIPO DE INSTRUMENTOS CERTIFICADOS**



**LOGO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD – F.T. – U.M.S.A.**

