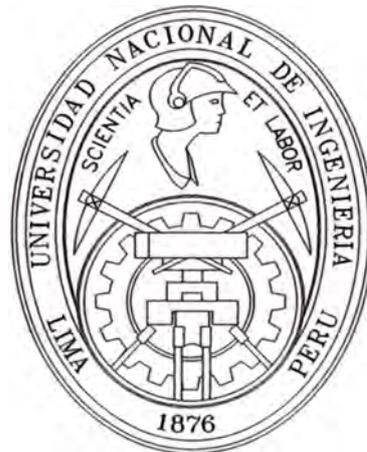


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“MANTENIMIENTO DE MOLINOS DE  
RODILLOS DE LA EMPRESA  
MANUFACTURERA GOODYEAR TIRE &  
RUBBER CO.”**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**JOSE GABRIEL TORRES LOPEZ**

**PROMOCION 1997-I**

**LIMA-PERU**

**2010**

### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a toda mi familia.

Para mis padres Carmen y Agustín, por su comprensión y ayuda en momentos buenos y malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Muchas gracias de todo corazón.

*"Si no sabéis a donde vais, probablemente acabaréis en otra parte" Lawrence J. Peter*

## INDICE

PRÓLOGO	01
1. INTRODUCCIÓN	03
1.1 Antecedentes	03
1.1.1. Proceso de fabricación del neumático	03
1.1.2. Descripción de la compañía	09
1.1.3. Organigrama	09
1.1.4. Situación del mantenimiento en el área	11
1.2. Objetivos	12
1.3. Alcances	12
2. GENERALIDADES	14
2.1. Concepto de mantenimiento	14
2.2. Tipos de mantenimiento	14
2.2.1. Mantenimiento correctivo	14
2.2.1.1. No planificado	15
2.2.1.2. Planificado	15
2.2.2. Mantenimiento preventivo	15
2.2.3. Mantenimiento predictivo	16
2.2.3.1. Análisis vibracional	17
2.2.3.2. Análisis de aceite	18
2.2.3.2.1. <i>Objetivos del seguimiento analítico de los aceites.</i>	18
2.2.3.2.2. <i>Muestreo</i>	19

2.2.3.2.3.	<i>Pruebas realizadas en el análisis del aceite</i>	17
2.2.3.2.3.1.	<i>Examen visual</i>	18
2.2.3.2.3.2.	<i>Partículas en suspensión</i>	19
2.2.3.2.4.	Análisis de aceite en un reductor	25
2.3.	Mantenibilidad	27
2.4.	Frecuencia de Fallas	28
2.5.	Tiempo Promedio para Fallar MTTF	28
2.6.	Tiempo Promedio para Reparar MTRH	29
2.7.	Tiempo Promedio entre Fallos MTBF	29
2.8.	Disponibilidad	30
2.9.	Utilización	30
2.10.	Eficacia	30
2.11.	Eficiencia	31
2.12.	Efectividad	31
2.13.	Confiabilidad	31
2.14.	Aspectos técnicos	32
2.14.1.	Componentes de un molino	32
2.14.1.1.	<i>Componentes del molino simple (unidrive)</i>	32
2.14.1.2.	<i>Componentes del molino duplex (dual)</i>	32
2.14.2.	Procedimiento de seguridad lock out/ tag out	34
2.14.3.	Sistemas de lubricación usados en los molinos	34
2.14.3.1.	<i>Lubricación por anillo</i>	34
2.14.3.2.	<i>Lubricación por baño</i>	36
2.14.3.3.	<i>Sistema de engrase centralizado</i>	36
2.14.3.3.1.	<i>Sistema de engrase totalmente automático</i>	37
2.14.4.	Lubricantes empleados	37

2.14.4.1.	<i>Mobiltac 81 Grasa de Calcio Complejo de Extrema Presión</i>	38
2.14.4.1.1.	<i>Ventajas y Beneficios</i>	39
2.14.4.1.2.	<i>Aplicaciones</i>	39
2.14.4.1.3.	<i>Características Típicas</i>	40
2.14.4.2.	Serie mobil shc 600	40
2.14.4.2.1.	<i>Propiedades y beneficios</i>	42
2.14.4.2.2.	<i>Aplicaciones</i>	44
2.14.4.2.3.	<i>Seguridad e higiene</i>	47
2.14.4.3.	<i>Mobilux EP Grasa Multiuso de Extrema Presión</i>	47
2.14.4.3.1.	<i>Ventajas y Beneficios</i>	47
2.14.4.3.2.	<i>Aplicaciones</i>	48
2.14.4.3.3.	<i>Características Típicas</i>	49
2.14.5.	Limites de sobre temperatura en motores eléctricos	50
2.14.6.	Resistencia de aislamiento e índice de polarización en máquinas rotativas.	51
2.14.6.1.	Resistencia de aislamiento	51
2.14.6.2.	Métodos de medición	51
2.14.6.3.	Determinación del índice de polarización	52
3.	<b>Mantenimiento de los molinos</b>	55
3.1.	Descripción e importancia del mantenimiento en los molinos	55
3.2.	El taller de mantenimiento	59
3.2.1.	Personal de mantenimiento	59
3.2.2.	Infraestructura	60
3.2.3.	Antecedentes	61
3.2.3.1.	<i>Historial de fallas</i>	61

3.2.3.2. <i>Diagnóstico de fallas</i>	65
3.3. <b>Mantenimientos aplicados</b>	67
3.3.1. <b>Mantenimiento preventivo</b>	67
3.3.1.1. <i>Trabajos de mantenimiento preventivo</i>	68
3.3.1.2. <i>Trabajos de inspección de mantenimiento</i>	72
3.3.2. <b>Mantenimiento predictivo</b>	72
3.3.3. <b>Mantenimiento correctivo</b>	73
3.4. <b>Análisis técnico de reductor crítico</b>	74
4. <b>Inversión en el mantenimiento e indicadores</b>	90
<b>CONCLUSIONES</b>	105
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	107
<b>APÉNDICE</b>	109

## PRÓLOGO

El mantenimiento industrial es uno de los ejes fundamentales dentro de la industria, está cuantificado en la cantidad y calidad de la producción; el mismo que ha estado sujeto a diferentes cambios al paso del tiempo; en la actualidad el mantenimiento se ve como una inversión que ayuda a mejorar y mantener la calidad en la producción.

El presente trabajo explica los trabajos de mantenimiento desarrollados en los componentes de los molinos como elementos críticos y la aplicación de herramientas de mantenimiento moderno, se realiza un análisis del mantenimiento dentro de la planta y la aplicación de una estrategia para organizar la actividad del mantenimiento, pero no es la única ni es la mejor.

En el Primer Capítulo de este trabajo se presenta una Introducción en la que se trata sobre el proceso productivo, la empresa Goodyear y su organización, la situación general del mantenimiento; además del alcance de este trabajo física y temporalmente.

En el Segundo Capítulo se contempla el tema teórico, conceptos fundamentales desde la definición del mantenimiento y sus tipos, y las herramientas de mantenimiento predictivo usados en el mantenimiento de

equipos grandes, como otro ítem a tratar son los indicadores más comunes que se usan en mantenimiento para luego enfocarnos en los aspectos técnicos como cuales son los elementos que conforman un molino, sus tipos de lubricación empleados y los tipos de lubricantes usados así como los métodos de la toma de resistencia de aislamiento y sus valores límites.

El Tercer Capítulo se enfoca en el mantenimiento realizado a los molinos y su importancia en el proceso de transformación primaria del caucho para convertirse en un neumático, como cualquier otra empresa se realizan únicamente a equipos críticos, se realiza una descripción de la conformación del taller de mantenimiento y su infraestructura; y el mantenimiento preventivo – predictivo realizado en los equipos además de un caso de análisis técnico realizado un reductor.

El Cuarto Capítulo trata sobre la inversión en el mantenimiento y los indicadores de gestión realizados.

Además de las Conclusiones y la Bibliografía se presenta un Apéndice con la documentación usada y fórmulas empleadas para los indicadores; además del layout de planta y consideraciones de costos.

# **CAPITULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

#### **1.1.1 Proceso de fabricación del neumático**

En la fabricación moderna de neumáticos, el caucho crudo se trata con variedad de ingredientes para modificar sus características. Fillers que endurecen el caucho en el producto final, pero que no aumentan su fortaleza, se incluye agentes como carbonato de calcio, bario o sulfato de bario. Los fillers para reforzar agregan carga material y fortaleza al producto acabado; se incluyen el negro de carbón, óxido de zinc, lithopone y un número de tinturas orgánicas. Los suavizadores, que son necesarios cuando la mezcla es demasiado yerta para la incorporación apropiada de los diversos ingredientes, consiste comúnmente en productos derivados del petróleo, tales como el petróleo o ceras, de brea, o de ácidos. El principal agente vulcanizante continúa siendo el azufre; también se usan el selenio y el telurio, pero generalmente con proporciones grandes de azufre. En el proceso de vulcanización en caliente, que es usada para la mayoría de productos de caucho, el azufre se usa en polvo y se mezcla con caucho a la vez que con los ingredientes secos. La proporción de azufre en el caucho varía desde 1:40 a 1:1.

*Almacén de materias primas:* Los compuestos químicos son pesados en bolsas plásticas para su posterior carga en el Banbury, el negro de humo y otros componentes son cargados en el transportador de cangilones.

*Alimentación y molinos de los banburys:* las gomas naturales y sintéticas provenientes del almacén de materias primas, pasan directamente al área de alimentación. Los químicos a utilizar vienen pesados en bolsas fundentes del cuarto de pesaje, los aceites lubricantes usados son cargados en tanques dosificadores.

Antes que los ingredientes se mezclen con el caucho crudo, se someten al proceso de molienda mecánica llamada masticación, para hacer al caucho suave, plástico y viscoso. En tales condiciones, se mezclan fácil y completamente con los diversos fillers, pigmentos, agentes vulcanizantes, y los otros ingredientes secos, o con los diversos solventes para su uso en la producción de cementos. Los mixers consisten de dos poderosas hélices de velocidad variable colocada dentro de un cilindro, la acción de las hélices al batir genera sobre el caucho temperaturas de 182°C (360°F). El calor provocado por la acción mecánica, provoca la mezcla homogénea.

Esta área es considerada una de las más contaminantes por lo que se dispone de sistemas de ventilación y un colector con mangas que filtran los polvos.

Después de los mixers, la próxima máquina en la línea de producción son los molinos. Los molinos consisten de dos rodillos metálicos lisos y estriados que rotan en direcciones opuestas; los molinos de rodillos *liso-liso* llevan el nombre de molinos calentadores y los de rodillos *liso-estriado* llevan el nombre de molinos rompedores la finalidad de estos molinos es romper la dureza de la goma. En estas máquinas las gomas adquieren mayor homogeneidad y alcanzan valores de viscosidad y plasticidad para su fácil uso en los siguientes procesos, cabe indicar que la goma una vez terminado su ciclo en el molino es llevado a través de fajas transportadoras a las siguientes máquinas para su inmediato uso; el tiempo de permanencia en cada molino es corto y se pueden procesar en promedio de 250 a 350 Kg. por período, sobrepasar el tiempo de molienda en el molino origina que la goma se vulcanice.

*Extrusora de bandas de rodamiento:* Una parte de la goma producida en los Banburys es destinada a esta área, la goma es precalentada y ablandada en molinos antes de ingresar a la extrusora; a la salida de la extrusora la banda de rodamiento es enfriada con agua blanda a un determinado PH y secado con ventiladores y lámparas de rayos UV, como parte final del proceso se corta a una determinada medida para su posterior almacenamiento y uso en el área de construcción.

La goma desechada es devuelta al Banbury para su posterior reproceso.

*Extrusora de goma para tratar alambres:* Otra parte de la goma producida es destinada al área de Pestañas la cual es introducida directamente a la extrusora aplicándose directamente a los alambres de cobre los cuales son enrollados a un determinado diámetro dependiendo del tipo de neumático al que es destinado.

Los desperdicios de esta área no se pueden reprocesar, por lo que se desecha.

*Tren de Calandrias:* La cia. Goodyear dispone de dos Calandrias en serie que aplican goma a la tela de nylon a un determinado espesor el cual es medido por un Beta Gauge (emisor/receptor de radiación Beta); la goma previamente es calentada en molinos antes de ser enviados a través de fajas transportadoras a las Calandrias. La tela ya tratada es enrollada nuevamente y almacenada para su posterior uso en las cortadoras.

Las calandrias son máquinas que consisten en un conjunto de tres rodillos metálicos lisos que operan a la misma velocidad, los cuales están preparados para ser ajustados para la laminación en diferentes espesores dependiendo del producto deseado para recubrir con una capa de caucho la tela de nylon.

*Cortadoras (Spadone/Banner):* La tela de nylon es cortada a un determinado ángulo y longitud para su uso final en el área de construcción. Los tratamientos ya cortados son almacenados en rollos.

El desperdicio originado es reutilizado en el área de pestañas, como recubrimiento de determinados tipos de pestañas.

Las cortadoras consisten de una plataforma de corte y una faja transportadora, todo este equipo corta la tela de nylon recubierta de caucho a un determinado ángulo.

*Construcción y pintado:* las bandas de rodamiento, las pestañas, los rollos de tratamiento son ensamblados en máquinas de construir neumáticos y enviados al pintado y posterior almacenamiento. Todos los procesos anteriores convergen a las máquinas de construcción, es aquí que se obtiene la llanta verde el cual dista mucho de la forma de un neumático.

En este proceso se usan máquinas manuales especializadas, donde se arma la *llanta verde*, estas máquinas consisten de un tambor giratorio colapsable de diámetro variable el cual le permite extraer la llanta verde, son accionados por un motor de varias velocidades.

Las cabinas de pintado tienen su propia campana de extracción de polvos.

*Vulcanización:* Después que la fabricación se completó, la llanta verde se vulcaniza en moldes bajo presión de vapor interno y externo a una temperatura elevada. Las máquinas son prensas mecánicas; el proceso consiste en pasar internamente vapor a través de un blader; éste al inflarse comprime al caucho contra las paredes del molde, a su vez se hace pasar vapor externamente al molde lográndose así una vulcanización homogénea de la llanta (la temperatura de vulcanización oscila entre 360-380°F dependiendo del tipo de neumático).

Goodyear dispone de prensas Bag-o-Matic destinadas a la fabricación de neumáticos auto/camioneta y neumáticos de camión, donde los neumáticos son introducidos de manera automática por pares y “cocinados” a una determinada temperatura y tiempo, con presiones de vapor de agua, y nitrógeno, ninguno de los dos componentes tienen contacto directo con el neumático . Luego son post inflados como parte final del proceso dándole el tamaño final al neumático enfriado.

*Inspección:* una vez terminado el proceso de post inflado son enviados por fajas transportadoras al área de inspección final y posterior almacenamiento en el almacén de productos terminados.

La planta cuenta con instalaciones aisladas destinadas a almacenar desechos de proceso así como chatarra producto de mejoras realizadas. (*ver anexo 01*).

### **1.1.2 Descripción de la compañía**

GOODYEAR PERU S.A. inauguró su planta el 23 de julio de 1943, empresa dedicada a la fabricación de llantas en Perú con presencia nivel nacional manufactura neumáticos convencionales para todo tipo de vehículos livianos y pesados, además de importar neumáticos radiales.

La planta industrial se encuentra ubicada en la Av. Argentina N° 6037 Carmen de la Legua - Provincia Constitucional del Callao.

### **1.1.3 Organigrama**

La gerencia de mantenimiento se encuentra muy estrechamente ligada al proceso de producción; dada la antigüedad del equipo en toda la planta, el mantenimiento se ha enfocado en mantener aquellos equipos críticos que producirían paros de planta por un período de tiempo considerable y con elevados costos de reparación y producción.

La Cía. Goodyear empresa dedicada a la fabricación de neumáticos está conformado por 4 divisiones; DIVISION VENTAS, DIVISION DE FINANZAS, DIVISION DE MATERIALES y la DIVISION DE PRODUCCION. (Ver figura 1.1.3.1).

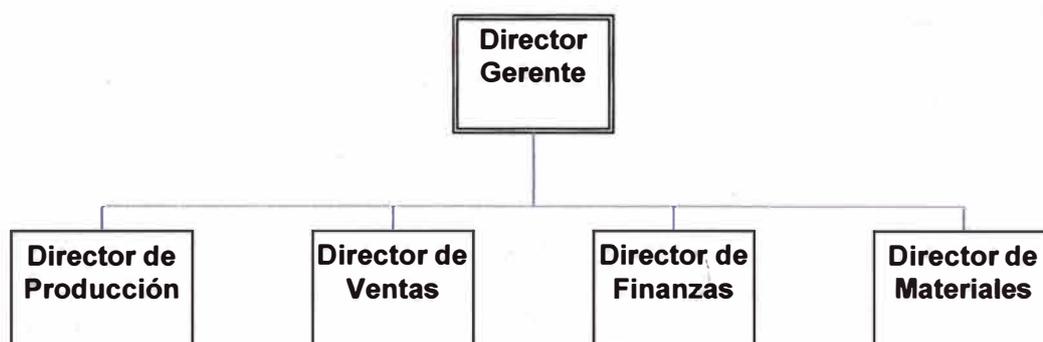


Figura 1.1.3.1

La DIVISION DE PRODUCCION a su vez está conformada por tres áreas; la primera es la gerencia de producción, las otras dos son la gerencia de ingeniería y la gerencia de calidad (Ver figura 1.1.3.2), la gerencia de producción está subdividida en dos áreas para su mejor administración la primera abarca el procesamiento de caucho (mixers), talones y bandas de rodamiento (extruders), aplicación de goma a la tela de nylon (calandrias) y cortadoras.

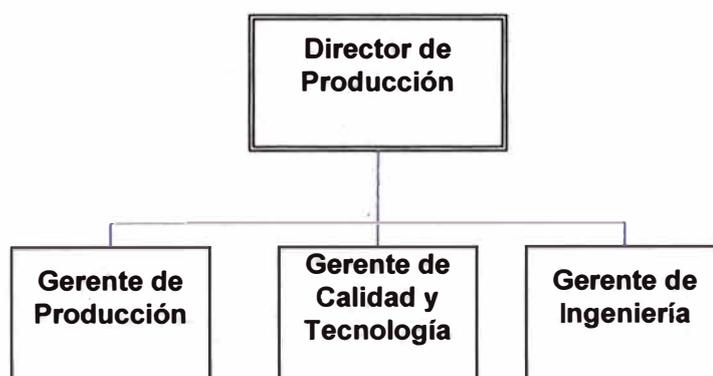


Figura 1.1.3.2

La otra zona está compuesta por el área de construcción de llantas y el área de vulcanización, cada una de las cuales tiene mecánicos y electricistas para cualquier intervención correctiva necesaria y dependen administrativamente de la gerencia de producción, la planta trabaja las 24 horas. La gerencia de calidad se dedica al soporte técnico y al control de la calidad, la gerencia de ingeniería se dedica al área de proyectos de ingeniería y funcionalmente administra al área de mantenimiento y las labores de casa de fuerza cuyo alcance abarca calderos, compresoras, transformadores primarios y grupos electrógenos (ver figura 1.1.3.3).

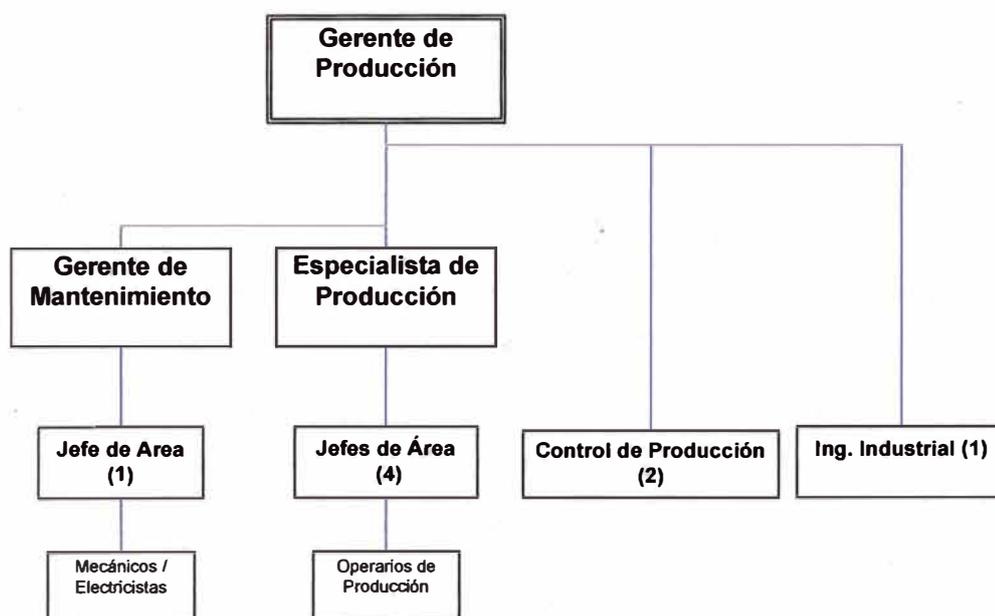


Figura 1.1.3.3

#### 1.1.4 Situación del mantenimiento

El área de mantenimiento se encontraba dividida en dos áreas denominadas como División A correspondiente al mantenimiento de

todos los equipos de procesamiento del caucho lo que incluía desde el área de pesado de compuestos, Banburys, Extrusoras, Tren de calandrias y cortadoras; y la División B que correspondía a las máquinas de construcción, prensas de neumáticos y área de inspección.

En su mayor parte el personal mecánico y eléctrico estaba conformado por personal sin ninguna formación técnica, la jefatura constaba de un gerente y un supervisor para cada división, una de las ventajas era de disponer de recursos materiales tales como repuestos e insumos a la brevedad, Goodyear disponía de un almacén de repuestos completo así como de herramientas para el personal de planilla.

## **1.2 OBJETIVOS**

Explicar los trabajos de mantenimiento desarrollados en los componentes de los molinos como elementos críticos y la aplicación de herramientas de mantenimiento moderno.

## **1.3 ALCANCES**

El alcance del presente trabajo enmarca a los trabajos de mantenimiento a los motores y reductores de los molinos principales

como fuente principal de falla durante los años 1997 a 1999; incluyéndose además los motores eléctricos de los mixers.

Estos molinos principales pertenecen a los mixers, extrusora de bandas de rodamiento y el tren de calandrias.

## **CAPITULO 2**

### **GENERALIDADES**

#### **2.1 CONCEPTO DE MANTENIMIENTO**

Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento.

#### **2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

##### **2.2.1 Mantenimiento correctivo**

Es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presenta en determinado momento, siendo el equipo el que determina la parada. Su función principal es poner en marcha el equipo lo más rápido posible.

### **2.2.1.1 No planificado**

El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con la finalidad de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

### **2.2.1.2 Planificado**

La diferencia con el anterior, es que no existe el grado de apremio. Los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción. En general, se programa la detención del equipo, pero antes de hacerlo, se acumulan tareas a realizar sobre el mismo y programan su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para ejecutar toda tarea que no podrían hacer con el equipo en funcionamiento.

## **2.2.2 Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento se realiza basado en las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio.

Este tipo de mantenimiento se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar un buen funcionamiento. El

mantenimiento preventivo se realiza mediante un programa de actividades, previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipos.

### **2.2.3 Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento es usado para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente.

Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de cojinetes
- Temperatura de las conexiones eléctricas
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor

Este mantenimiento como su nombre lo dice, realiza una predicción del comportamiento en base al monitoreo del comportamiento y características de un sistema y realiza cambios o plantea actividades antes de llegar a un punto crítico.

Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento predictivo entre los que a continuación se presentan.

### **2.2.3.1 Análisis vibracional**

La vibración mecánica es el parámetro más utilizado universalmente para monitorear la condición de la máquina, debido a que a través de ellas se pueden detectar la mayoría de los problemas que ellas presentan. La base del diagnóstico de la condición mecánica de una maquina mediante el análisis de sus vibraciones se basa en que las fallas que en ella se originan, generan fuerzas dinámicas que alteran su comportamiento vibratorio. La vibración medida en diferentes puntos de la maquina se analiza utilizando diferentes indicadores vibratorios buscando el conjunto de ellos que mejor caractericen la falla.

Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

A continuación detallamos las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar.

- Vibración debida al Desequilibrado (maquinaria rotativa).
- Vibración debida a la Falta de Alineamiento (maquinaria rotativa)
- Vibración debida a la Excentricidad (maquinaria rotativa).
- Vibración debida a la Falla de Rodamientos y cojinetes.

- Vibración debida a problemas de engranajes y correas de Transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.)

### **2.2.3.2 Análisis de aceite**

El Análisis de aceites consiste en la realización de test físico-químicos en el aceite con el fin de determinar si el lubricante se encuentra en condiciones de ser empleado, o si debe ser cambiado, es una de las técnicas simples, que mayor información proporciona al Administrador de Mantenimiento, con respecto a las condiciones de operación del equipo, sus niveles de contaminación, degradación y finalmente su desgaste y vida útil.

Muchos departamentos de mantenimiento tienen actualmente Programas de Análisis de Aceite. Algunos utilizando el laboratorio de su proveedor de lubricantes o contratando los servicios de laboratorio privados. En muchos de los casos los resultados del análisis, son recibidos semanas o meses después de la toma de la muestra y la información se vuelve irrelevante, ya que para ese momento, las condiciones del equipo ya son diferentes, en muchos casos el aceite ya fue cambiado y en otros el equipo ya falló y fue reparado.

#### **2.2.3.2.1 Objetivos del seguimiento analítico de los aceites**

- Controlar el estado de la carga de aceite.
- Controlar el estado del equipo.

### **2.2.2.2.2 Muestreo**

Es importante que la muestra sea representativa, debe ser extraída del equipo en las condiciones normales de operación (con el aceite en circulación y caliente) o inmediatamente después de haber parado la máquina. No deben tomarse muestras en frío. Deberán tomarse las cantidades necesarias y etiquetarlas con el mayor número posible de datos de su origen.

### **2.2.2.2.3 Pruebas realizadas en el análisis del aceite**

#### **2.2.2.2.3.1 Examen visual**

- *Aspecto:* Aceite claro y limpio. Aceite turbio. Fase de agua decantada. Aceite sucio. Aceite sucio con partículas decantadas. Indeterminable.
- *Color-olor:* Más oscuro implica oxidación del aceite, mezcla, contaminación. Más claro puede indicar mezcla, presencia de agua.

#### **2.2.2.2.3.2 Partículas en suspensión**

- *Viscosidad:* Es la resistencia del fluido al flujo con respecto a la temperatura. La viscosidad cinemática se mide por el tiempo que un determinado volumen de aceite emplea en fluir a través de un tubo capilar a una temperatura determinada. Este tubo capilar se introduce con el aceite a controlar en un baño a temperatura constante hasta que la temperatura se estabilice. En él hay unas

marcas calibradas que definen un volumen determinado, el cual multiplicado por el tiempo nos da la viscosidad cinemática en  $\text{mm}^2/\text{s}$  (ó cSt) a dicha temperatura. La viscosidad se da normalmente a dos temperaturas ( $40^\circ\text{C}$  y  $100^\circ\text{C}$ ). El grado de viscosidad ISO se define como la viscosidad a  $40^\circ\text{C}$ .

Cambios en la viscosidad:

- ✓ Mayor - Menor
  - ✓ Oxidación del lubricante-contaminación con fuel
  - ✓ Espuma/cavitación de la bomba- corte molecular
  - ✓ Emulsión con agua – contaminación con agua no emulsificada.
  - ✓ Contaminación con sólidos – refrigerante.
- 
- *Índice de acidez (T.A.N):* (IP 177 / ASTM D664) - La cantidad de producto básico, expresado en mg. KOH/g requeridos para neutralizar todos los componentes ácidos presentes en 1g de la muestra.
    - ✓ Para obtener una muestra representativa, las muestras se calientan a  $65^\circ\text{C}$  para asegurar que cualquier sedimento o depósito que pueda contener compuestos ácidos se disuelva en el aceite.
    - ✓ La muestra se disuelve en una mezcla de propanol y tolueno y se introduce en el potenciómetro con una solución de KOH

Permite detectar la oxidación del lubricante y el consumo de aditivos. Un aumento del mismo es síntoma de oxidación y una disminución de consumo de aditivos.

- *Alcalinidad (T.B.N.)* (IP 177 / ASTM D664). La cantidad de ácido, expresada en el número equivalente de mg KOH, requeridos para neutralizar todos los compuestos ácidos presentes en 1g de muestra.
  - ✓ Para obtener una muestra representativa, las muestras se calientan a 65°C para asegurar que cualquier sedimento o depósito que pueda contener compuestos ácidos se disuelva en el aceite.
  - ✓ La muestra se disuelve en una mezcla de propanol y tolueno y se introduce en el potenciómetro con una solución de HCl. El TBN mide la reserva alcalina del lubricante, y mayormente se aplica a lubricantes para motores. Si un lubricante contiene aditivos no alcalinos, no es muy útil determinar el TBN, ya que es probable que no haya. Si el TBN alcanza el 2.0 o disminuye más del 50% con respecto al punto de partida, se debe considerar un drenaje. Entre las aplicaciones sugeridas se encuentran los motores alternativos, motores a gas natural y compresores que usan lubricantes alcalinos.
- *Espectro metalografías*: Cualquiera de las técnicas usadas para detectar y cuantificar trazas de elementos metálicos. Se realiza

para medir partículas metálicas menores de 10 micras y nos brinda información sobre desgaste, contaminación y aditivos.

- *Análisis infrarrojo:* Es una forma de espectroscopia de absorción restringida a la región de longitud de ondas espectrales infrarrojas que identifica y cuantifica los grupos funcionales orgánicos.
  - ✓ Un haz de luz infrarroja atraviesa una muestra de aceite usado contenido en una celda de cristal. El espectro de infrarrojo generado por la muestra se reproduce en un gráfico.
  - ✓ Cada tipo de aceite tiene un espectro característico (como una huella digital) que permite comparar el aceite nuevo con el usado.
  - ✓ Las diferencias entre los espectros muestran algunos cambios de los componentes del lubricante en servicio.
  - ✓ Por ejemplo, puede medirse cuanto antidesgaste se ha consumido en un aceite hidráulico, contenido en agua u oxidación.
- *Espectrometría de Emisión (I.C.P.):*
  - ✓ La muestra se calienta y se lleva hasta un estado de plasma.
  - ✓ Los elementos presentes emiten ciertas radiaciones en el espectro visible y ultravioleta.
  - ✓ La radiación emitida es separada en diferentes longitudes de onda por difracción.

- ✓ La intensidad de la radiación es medida a diferentes longitudes de onda y esto permite calcular las concentraciones de los diferentes elementos presentes en la muestra.

Se pueden medir concentraciones desde 1 a 1000 ppm. Esta técnica se utiliza para determinar el nivel de aditivos (Ba,Ca,Mg,P,B), metales de desgaste (Fe,Cu,Pb,Ag,Al,Ni) y contaminantes (Si,Na,K,Ba).

Algunas de las fallas que el análisis de aceite puede ayudar a detectar:

- Partículas abrasivas en el aceite. Metales de Desgaste (hierro, cromo, plomo, cobre, estaño, aluminio, níquel, plata, molibdeno, magnesio, zinc, titanio, vanadio).
- Aceite contaminado con Agua.
- Combustibles.
- Productos químicos. Contaminantes (silicio, boro, sodio, potasio).
- Operación en alta temperatura.
- Desalineamiento.
- Desbalanceo.
- Cavitación.
- Fatiga.
- Sobrecarga.

- Agotamiento de aditivos (cobre, silicio, boro, magnesio, calcio, bario, fósforo, zinc, molibdeno).
- Aceite aplicado erróneamente.
- Inicio de falla en cojinetes.
- Inicio de falla en rodamientos.
- Inicio de fallas progresivas.

<b>Análisis de Aceite</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultado esperado</b>
<b>Viscosidad</b>	Salud del lubricante	Estable
<b>Número de Neutralización (AN y BN)</b>	Degradación del lubricante	Tendencia decreciente lenta
<b>Punto de inflamación</b>	Contaminación	Estable
<b>Análisis de elementos por emisión atómica</b>	Degradación de aditivos Contaminación Metales de Desgaste	Decremento suave Negativo Negativo – Tendencia suave
<b>FTIR – Análisis infrarrojo</b>	Degradación de aditivos Contaminación	Decremento suave Negativo
<b>Conteo de partículas</b>	Contaminación y/o desgaste	Estable en la meta establecida
<b>Análisis de humedad</b>	Contaminación	Negativo
<b>Densidad ferrosa o partículas ferrosas</b>	Desgaste	Decremento o Estable
<b>Ferrografía analítica</b>	Localización del tipo de desgaste presente	Identificación del tipo de desgaste, procedencia y causa
<b>Resistencia a la oxidación RPVOT</b>	Salud del lubricante	Estable
<b>Pruebas de membrana y gota</b>	Salud del lubricante Contaminación Desgaste	Conservación de aditivos Negativo Negativo - Estable

*Pruebas del análisis de Aceite*

**Tabla 2.2.3.2.3.2.1**

La realización de un plan sistemático de análisis de aceites nos proporciona los siguientes beneficios:

- Reducción de los costes de mantenimiento. Permite la detección de fallos en estados iniciales, limitar daños secundarios y evitar pérdidas totales.
- Aumentar disponibilidad de equipamiento, evitando fallos inesperados y tiempos de parada no previstos.
- Mejorar la seguridad, ya que en algunos equipos, los fallos pueden hacer peligrar la vida de personas.
- Reducir el gasto de lubricante, ampliando los intervalos de cambio de aceite.

Prolongar la vida del equipamiento, al incorporarse unas mejores prácticas de mantenimiento.

#### ***2.2.2.2.4 Análisis de aceite en un reductor***

La información obtenida del informe permite obtener información sobre las posibles fuentes de origen de los metales de desgaste de un reductor:

<b><u>Elemento</u></b>	<b><u>Posible fuente</u></b>
Fe	Eje, engranajes.
Cr	Rodamientos.
Sn	Bujes, cojinetes.
Al	Cojinetes.
Cu	Jaula rodamiento, bujes, arandelas de empuje.
Pb	Cojinetes, bujes.

Mo	Aditivo EP.
Si	Polvo, aditivo antiespumante.
Na	Aditivos de aceite,
Ca	Aditivo aceite, polvo, aditivo antiherrumbre y detergente.
Mg	Aditivo aceite, polvo.
B	Aditivo EP, detergente
Zn	Aditivo antidesgaste, cromado, galvanizado.
P	Aditivo antidesgaste, aditivo detergente

---

Las Normas nos definen los límites permisibles para los metales de desgaste, contaminantes y propiedades fisicoquímicas del aceite lubricante:

<u>Parámetro</u>	<u>Norma</u>	<u>Límite</u>
Viscosidad cinemática	ASTM D-445	± 20% del aceite nuevo
Índice de basicidad	ASTM D	- 50% del aceite nuevo
Índice de acidez	ASTM D-974	+2,5 del aceite nuevo
Contaminación con agua	ASTM D-6304	> 600 ppm

<u>Oxidación</u>	<u>FTIR</u>	<u>20 ab/cm</u>
Nitración	FTIR	20 ab/cm
Fe	ASTM D-5185	100 ppm
Cr	ASTM D-5185	5 ppm

Sn	ASTM D-5185	5 ppm
Al	ASTM D-5185	10 ppm
Ni	ASTM D-5185	3 ppm
Cu	ASTM D-5185	15 ppm
Pb	ASTM D-5185	20 ppm
Mo	ASTM D-5185	5 ppm
Si	ASTM D-5185	25 ppm
Na	ASTM D-5185	25 ppm
Ca		50% del aceite nuevo
Mg		50% del aceite nuevo
B		50% del aceite nuevo
Zn		50% del aceite nuevo
P	ASTM D-5185	> 800 ppm /0.02%wt

---

Para establecer la línea base referencial del lubricante nuevo no se debe utilizar la información de las hojas técnicas del aceite lubricante. La línea base se debe definir mediante un análisis previo al aceite nuevo.

### **2.3 MANTENIBILIDAD**

Esta característica se refiere principalmente a las propiedades de diseño, análisis, predicción y demostración, que ayudan a determinar la efectividad con la que un equipo puede ser mantenido o

restaurado para estar en condiciones de uso u operación. La mantenibilidad es también conocida como la capacidad para restaurar efectivamente un producto.

## 2.4 FRECUENCIA DE FALLAS

Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función.

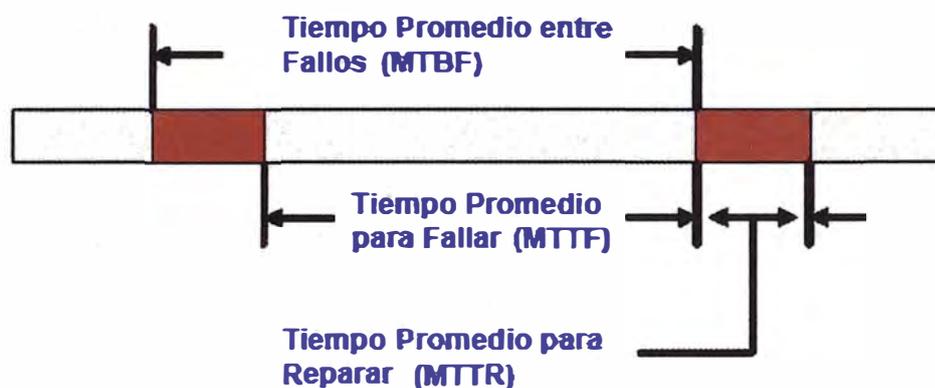


Figura 2.4.1

## 2.5 TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR MTTF

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; éste constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El Tiempo Promedio para Fallar también es llamado “Tiempo Promedio Operativo” o “Tiempo Promedio hasta la Falla” (ver figura 2.4.1).

## 2.6 TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR MTTR

Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño.

## 2.7 TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLOS MTBF

El Tiempo Promedio entre Fallos indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento "fallo". Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. Uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la Confiabilidad constituye el **MTBF**, es por esta razón que debe ser tomado como un indicador más que represente de alguna manera el comportamiento de un equipo específico. Asimismo, para determinar el valor de este indicador se deberá utilizar la data primaria histórica almacenada en los sistemas de información. De acuerdo con

ello el índice MTBF es el cociente entre el tiempo de trabajo real (*TT*) para operar y el número de paradas breves registrados (*FF*):

$$MTBF = \frac{TT}{FF}$$

## 2.8 DISPONIBILIDAD

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el MTBF y el MTTR, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad.

## 2.9 UTILIZACIÓN

La utilización también llamada factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un período determinado.

## 2.10 EFICACIA

Grado en que se logran los objetivos y metas de un plan, es decir, cuánto de los resultados esperados se alcanzó. La eficacia consiste en concentrar los esfuerzos de una entidad en las actividades y procesos que realmente deben llevarse a cabo para el cumplimiento de los objetivos formulados.

### **2.11 EFICIENCIA**

Es el logro de un objetivo al menor costo unitario posible. En este caso estamos buscando un uso óptimo de los recursos disponibles para lograr los objetivos deseados.

### **2.12 EFECTIVIDAD**

Este concepto involucra la eficiencia y la eficacia, es decir, el logro de los resultados programados en el tiempo y con los costos más razonables posibles. Supone hacer lo correcto con gran exactitud y sin ningún desperdicio de tiempo o dinero.

La efectividad del mantenimiento es usada para medir la mantenibilidad, y es una base muy útil para comparar diferentes equipos, la efectividad del mantenimiento se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Tiempo Operativo Ideal}}{\text{Tiempo Operativo}}$$

### **2.13 CONFIABILIDAD**

Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas, en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de

supervivencia igual a uno. Al realizar un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema, obtenemos información valiosa acerca de la condición del mismo: probabilidad de fallo, tiempo promedio para fallo, la etapa de la vida en que se encuentra el equipo.

## 2.14 ASPECTOS TÉCNICOS

### 2.14.1 Componentes de un molino

#### 2.14.1.1 Componentes del molino simple (*unidrive*)

Consta de un motor de jaula, con acople de cinta metálica, un reductor cerrado, sistema abierto de engranajes (ver figura 2.14.1.1.1), un par de rodillos, y sistema centralizado de lubricación.

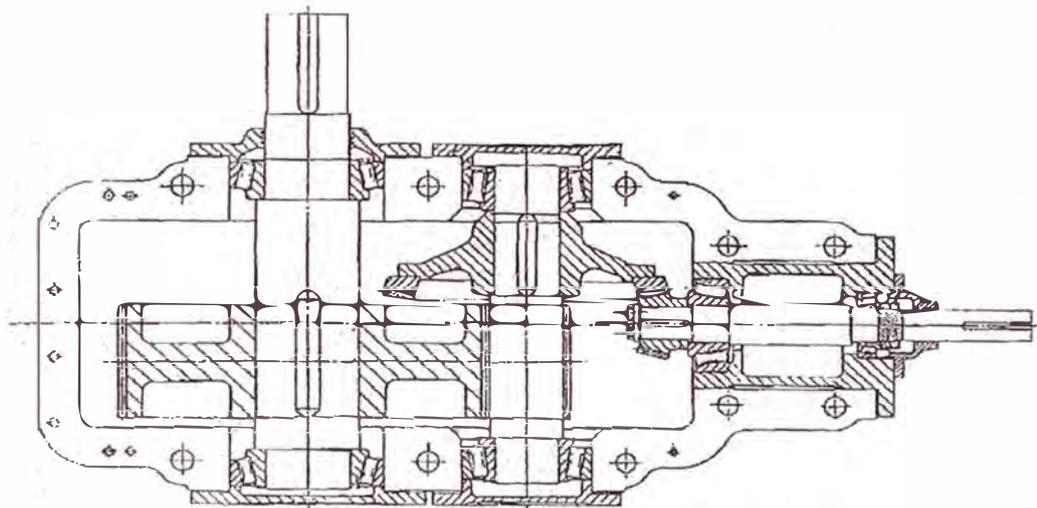


Figura 2.14.1.1.1

#### 2.14.1.2 Componentes del molino duplex (*dual*)

Un molino duplex está compuesto por el *motor principal*, motor trifásico de inducción de rotor devanado y cojinetes con ranuras

axiales de Babbitt con arranque por resistencia, estos cojinetes son partidos (mitad superior y mitad inferior) con un sistema de lubricación por baño, y aceite Mobil SHC 632; un acople de cinta metálica (metal ribbon) y grasa lubricante MOBILUX EP ; *reductor* en la relación promedio de 9/1; internamente están conformados primero por un juego de engranajes cónicos de dientes helicoidales los que a su vez transmiten movimiento a un juego de engranajes de dientes bihelicoidales, lubricado con aceite Mobilgear 632 y un sistema de lubricación por baño; *sistema abierto de engranajes* de dientes rectos los cuales accionan los rodillos de los molinos, lubricado con grasa Mobiltac 81 (Ver figura 2.14.1.2.1 y 2.14.1.2.2) y sistema de lubricación por pozo de grasa, *dos pares de rodillos* de 84" de circunferencia que giran en sentido contrario el uno del otro; y *un sistema centralizado de lubricación* (2500psi) que lubrica a presión todos los componentes giratorios del molino (cojinetes de los rodillos), lubricado con grasa Mobilux EP 1.

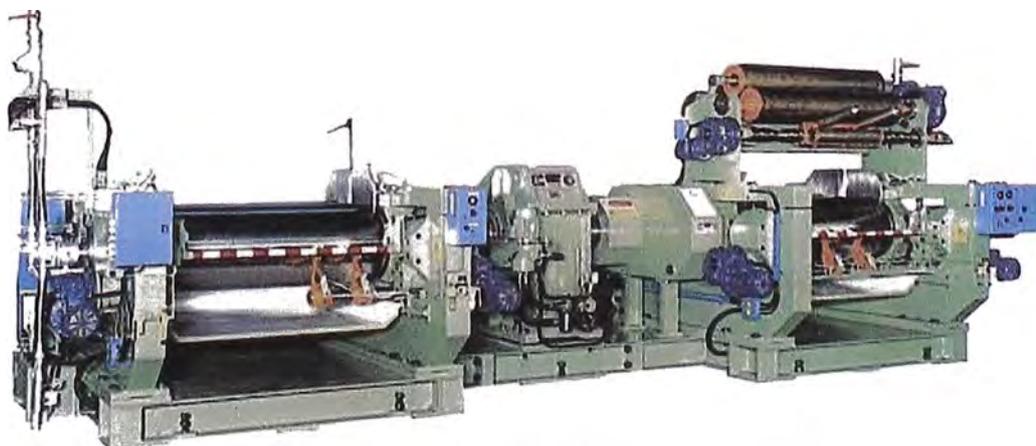


Figura 2.14.1.1.1

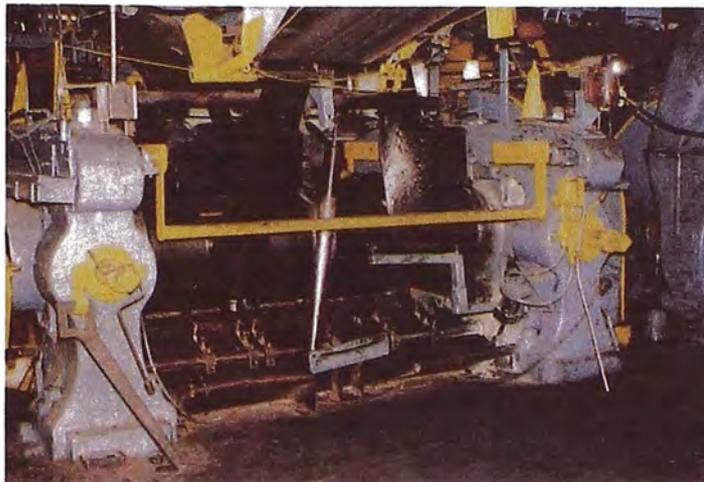


Figura 2.14.1.1.2

### **2.14.2 Procedimiento de seguridad lock out/ tag out**

Es un procedimiento de seguridad para un electricista o mecánico antes de comenzar algún trabajo de instalación, reparación o limpieza en una máquina o equipo con la finalidad de prevenir accidentes; este consiste en interrumpir todo tipo de energía (eléctrica, mecánica, hidráulica o neumática) para luego colocar en la fuente una tarjeta roja con la información del trabajo desarrollado a su vez se colocan trabas mecánicas o candados para evitar que sea restituida la energía por otra persona. Al final del trabajo se retira la tarjeta y se restituye la energía.

### **2.14.3 Sistemas de lubricación usados en los molinos**

#### **2.14.3.1 Lubricación por anillo**

Este sistema consiste en que uno o más anillos giran alrededor del árbol a lubricar, de diámetro muy superior al eje, al tiempo que pasa

por el depósito de aceite, situado debajo del árbol. El árbol tiene en su periferia una ranura sobre la cual el anillo se aloja y gira. (ver figura 2.14.3.1.1).

Como el anillo rota este arrastra el aceite del recipiente. El aceite se deposita en la parte alta del eje, repartiéndose por toda la superficie. La ventaja particular de este sistema de lubricación es la de suministrar automáticamente una gran cantidad de aceite al árbol de rotación. Esto mientras haya suficiente lubricante en el depósito y mientras el anillo o anillos puedan girar libremente y distribuir el aceite al eje.

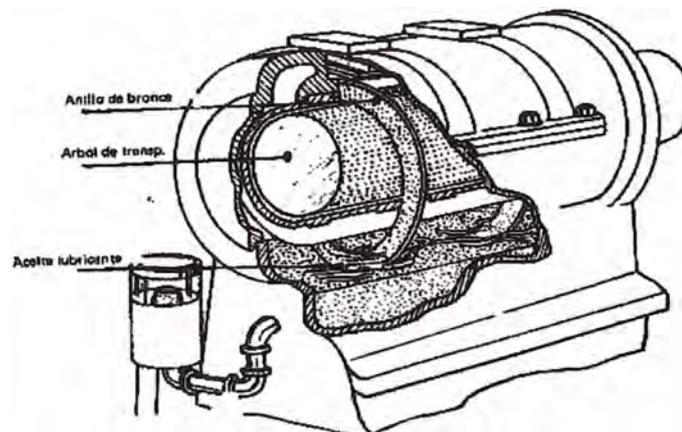


Figura 2.14.3.1.1

El número de anillos depende del tamaño del soporte. La lubricación por anillos, no se puede usar en ejes que van a alta velocidad, porque el anillo podría patinar y no arrastrar buena cantidad de aceite produciendo una mala lubricación.

### **2.14.3.2 Lubricación por baño**

En la lubricación por baño el cojinete está girando en contacto con el eje en un baño de aceite. Este tipo de lubricación es muy económico y no requiere más atención que la inspección regular del correcto nivel de aceite.

Cuando el cojinete contiene bolas o rodillos se debe tener en cuenta que la bola o el rodillo debe estar sumergido  $\frac{1}{3}$  o  $\frac{1}{2}$  de su altura en el aceite.

Un nivel alto de aceite produce escapes y un aumento de temperatura en el cojinete. Si el nivel de aceite es inferior al normal, se produce como es natural, mala lubricación.

### **2.14.3.3 Sistema de engrase centralizado**

Este sistema es muy ventajoso en cuanto reduce el tiempo de lubricación y economiza mucha grasa. El sistema de engrase centralizado permite lubricar todos los cojinetes y partes en movimiento mientras la máquina está en operación.

El sistema centralizado se divide en dos tipos generales: Manual y completamente automático.

#### **2.14.3.3.1 Sistema de engrase totalmente automático**

Este sistema es generalmente empleado donde los cojinetes tienen altas temperaturas y presiones, y requieren una frecuente aplicación de grasas para asegurar un buen funcionamiento. El sistema automático se usa para máquinas mezcladoras, en fábricas de caucho, plásticos y máquinas de servicio pesado que requieren los mejores métodos de lubricación para obtener el máximo de producción al mínimo de tiempo consumido.

#### **2.14.4 Lubricantes empleados**

El fluido o lubricante ideal deberá ser lo suficientemente viscoso para mantener las superficies apartadas, permanecer estable bajo los cambios de temperatura, mantener limpias las superficies lubricadas, no permitir la formación de residuos gomosos, no permitir la formación de lodos y no deberá ser corrosivo. Los aceites lubricantes están constituidos por una base lubricante la cual provee las características lubricantes primarias. La base lubricante puede ser base lubricante mineral (proveniente del petróleo crudo), base lubricante sintético o aceite base lubricante vegetal y animal según la aplicación que se le va a dar al aceite.

*Las bases lubricantes sintéticas* son fabricadas por procesos especiales (distintos a la refinación) para realizar funciones específicas, lo cual les otorga una mayor uniformidad en sus

propiedades. Estos aceites son la solución para trabajos en condiciones extremas (temperaturas muy altas o muy bajas). Las principales ventajas del uso de bases sintéticas comparadas con las bases minerales son: amplio rango de temperaturas de operación, mayor resistencia a la oxidación, ahorro de energía, mantenimiento con menor frecuencia, menor uso de aditivos y más fácil degradación.

Los aceites sintéticos suministran aproximadamente cuatro veces el tiempo de operación del mejor aceite mineral, mientras que su costo es aproximadamente cinco veces mayor, su uso se basa más en la idea de preservar la maquinaria que en ahorrar dinero.

Las grasas lubricantes son aceites minerales espesados con jabones. El jabón actúa como base o soporte del aceite. Tanto las propiedades de la base como del aceite lubricante, así como las proporciones de cada uno de estos componentes, proporcionan las características físico-químicas que son las que determinan el uso y aplicaciones de cada tipo.

#### ***2.14.4.1 Mobiltac 81 Grasa de Calcio Complejo de Extrema Presión***

Mobiltac 81 es una grasa de jabón de calcio complejo con características de Extrema Presión y que contiene bisulfuro de molibdeno (Moly) y grafito. Está formulada para proporcionar buena

adhesión y resistencia al lavado por agua en las más adversas condiciones climáticas en todo tipo de engranajes abiertos altamente cargados.

#### **2.14.4.1.1 Ventajas y Beneficios**

El uso de Mobiltac 81 proporciona los siguientes beneficios:

- Excelentes propiedades de extrema presión y antidesgaste.
- Protección contra la herrumbre y la corrosión.
- Gran resistencia al lavado por agua.
- Excelente resistencia al fenómeno del "False Brinelling".
- Libre de plomo y nitritos.

#### **2.14.4.1.2 Aplicaciones**

Mobiltac 81 está recomendada para la lubricación de engranajes abiertos, cadenas, cables, elementos rodantes, superficies deslizantes, guías, etc., en aplicaciones industriales bajo condiciones severas, como las que se presentan en acerías, cementeras, papeleras, industria química y minería. Proporciona protección en condiciones de grandes cargas, vibraciones o cargas de choque y en ambientes donde prevalece la contaminación por agua y suciedad. Mobiltac 81 es también adecuada para aplicaciones que comprendan elementos oscilantes o para componentes con un cierto movimiento relativo en las que existe riesgo de corrosión. Mobiltac 81 se aplica fácilmente mediante brocha, espátula o

pulverizada y está también disponible en cartuchos de aerosol. El rango recomendado de temperatura de operación oscila entre -15 y 150 °C con los apropiados intervalos de relubricación. Mobiltac 81 está aprobada por Farval Ltd.

#### **2.14.4.1.3 Características Típicas**

<i>Mobilgrease HP 222</i>	
<b>Jabón</b>	<b>Calcio</b>
<b>Grado ISO del aceite</b>	<b>220</b>
<b>Penetración Trabajada, mm/10</b>	<b>280</b>
<b>Consistencia, grado NLGI</b>	<b>2</b>
<b>Punto de gota, °C</b>	<b>260</b>
<b>Temperatura de uso, °C</b>	<b>-15..150</b>
<b>Carga Timken, Kg.</b>	<b>25</b>
<b>Test 4 bolas, Kg. Soldadura</b>	<b>500</b>
<b>Test 4 bolas, mm desgaste</b>	<b>0.4</b>
<b>Emcor test con agua destilada</b>	<b>0-0</b>

#### **2.14.4.2 Serie Mobil Shc 600**

Los lubricantes Mobil SHC de la serie 600 son aceites de excelente rendimiento para cojinetes y engranajes, diseñados para proporcionar un servicio destacado en términos de protección de equipos, vida del aceite y operación sin problemas. Están formulados a partir de fluidos de base hidrocarburos libres de ceras y sintetizados. La combinación de un índice de viscosidad naturalmente elevado y exclusivo, y de un sistema aditivo propio permite que estos productos proporcionen un rendimiento destacado en aplicaciones de servicios extremos a

temperaturas altas y bajas, muy por encima de las capacidades de los aceites minerales.

Estos productos son resistentes al corte mecánico, incluso en aplicaciones de cojinetes de corte elevado y de engranajes muy cargados, de forma que prácticamente no existe pérdida de viscosidad.

Los productos Mobil SHC de la serie 600 tienen coeficientes de tracción bajos, que se derivan de la estructura molecular de los materiales base usados. Esto da lugar a rozamiento bajo del fluido en la zona de carga de superficies no conformantes tales como engranajes y cojinetes de rodillos. El bajo rozamiento de los rodillos reduce las temperaturas de operación y mejora el rendimiento de los engranajes, lo que se traduce en un consumo reducido de potencia. También da lugar a la prolongación de la vida de las piezas y permite un diseño de equipos más económico. Los aceites base usados en Mobil SHC de la serie 600 tienen una respuesta destacada a los aditivos antioxidantes lo que da lugar a una resistencia superior a la oxidación y fangos, especialmente a altas temperaturas.

La combinación de aditivos usada en estos aceites también proporciona una resistencia excepcional a la oxidación y corrosión, muy buenas propiedades antidesgaste, desemulsificantes, control de

espuma y liberación de aire, así como compatibilidad multimetal. Los aceites Mobil SHC de la serie 600 también son compatibles con el propio sello y otros materiales constructivos usados en equipos normalmente lubricados con aceites minerales.

La avanzada tecnología en la que siempre se han basado los lubricantes Mobil SHC de la serie 600 ha hecho de estos productos la elección de operadores de un amplio rango de equipos a nivel mundial. Aunque inicialmente reconocidos como solucionadores de problemas de alta temperatura, los lubricantes Mobil SHC de la serie 600 son ahora usados en muchas aplicaciones industriales y marinas debido a la gama de beneficios que ofrecen.

#### *2.14.4.2.1 Propiedades y beneficios*

La gama de lubricantes Mobil SHC es reconocida y apreciada en todo el mundo por su rendimiento destacado y su innovación. Estos productos sintéticos de diseño molecular, liderados por científicos de investigación de ExxonMobil, simbolizan el compromiso continuo con la tecnología avanzada para proporcionar productos lubricantes destacados. Un factor importante en el desarrollo de Mobil SHC de la serie 600 fueron los estrechos contactos entre los científicos de ExxonMobil y los especialistas de aplicaciones con los fabricantes de equipos originales (OEMs) principales para asegurar que este

producto proporcionara un rendimiento excepcional en diseños de equipos industriales en evolución continua.

El trabajo de ExxonMobil con los OEM ha ayudado a confirmar los resultados de nuestras propias pruebas de laboratorio que muestran el rendimiento excepcional de los lubricantes Mobil SHC de la serie 600. No menor entre los beneficios es el potencial de mejoras significativas del rendimiento frente a los aceites minerales.

Estos beneficios son especialmente evidentes en equipos que, por diseño, no pueden evitar un rendimiento global bajo, como son los engranajes sinfín de elevada relación.

Para combatir la elevada exposición térmica del aceite, se seleccionaron aceites base propios para los aceites Mobil SHC de la serie 600 para obtener una resistencia térmica/ oxidativa potencial excepcional. Los aditivos específicos que deben maximizar los beneficios de los aceites base se eligieron para proporcionar una duración excepcional del aceite y controlar los depósitos y la resistencia a la degradación térmica/ oxidativa y química, así como el equilibrio de las características de funcionamiento. La naturaleza libre de ceras del aceite base también proporciona características de fluidez a baja temperatura inigualadas por productos minerales y es

un beneficio fundamental para aplicaciones remotas de baja temperatura ambiente.

Los aceites Mobil SHC de la serie 600 ofrecen las siguientes características y beneficios potenciales:

#### *2.14.4.2.2 Aplicaciones*

Los lubricantes Mobil SHC de la serie 600 son recomendados para uso en una amplia variedad de engranajes marinos e industriales y en aplicaciones de cojinetes donde se encuentran altas y bajas temperaturas. También son recomendados donde las temperaturas de operación o temperaturas de aceite en bruto son tales que los lubricantes convencionales producen una duración insatisfactoria, o donde se requiere un rendimiento mejorado. Son particularmente eficaces en aplicaciones donde los costes de mantenimiento de un componente de repuesto, la limpieza del sistema y cambios de lubricante son elevados.

Aunque Mobil SHC de la serie 600 es compatible con productos basados en aceites minerales, la mezcla puede restar su rendimiento. En consecuencia se recomienda que antes de cambiar un sistema a uno de Mobil SHC de la serie 600, este debe ser limpiado y lavado extensamente para lograr los máximos beneficios de rendimiento.

Los aceites Mobil SHC de la serie 600 son compatibles con los siguientes materiales de sellado:

Propiedades	Ventajas y beneficios potenciales
Resistencia insuperable a altas temperaturas/oxidación.	Prolonga la capacidad de operación de los equipos a alta temperatura. Larga vida del aceite, necesidad y costos de cambios de aceite reducidos. Minimiza los fangos y depósitos para una operación libre de problemas y una duración del filtro más larga.
Alto índice de viscosidad y ausencia de ceras.	Mantiene la viscosidad y el espesor de la película a temperaturas elevadas. Excepcional funcionamiento a baja temperatura, incluido el arranque.
Bajo coeficiente de tracción.	Reduce el rozamiento global y puede incrementar el rendimiento en mecanismos deslizantes tales como engranajes, con potencial para un consumo reducido y temperaturas de operación en estado estable más bajas. Minimiza los efectos de microdeslizamiento en cojinetes de rodillos para prolongar el potencial de duración del elemento rodante.
Elevada capacidad de soportar carga.	Protege los equipos y prolonga su duración; minimiza los tiempos de parada inesperada y prolonga los períodos entre servicios.
Combinación de aditivos equilibrada.	Proporciona un excelente rendimiento en términos de prevención de oxidación y corrosión, separabilidad del agua, control de espuma, rendimiento de liberación de aire asegurando una operación libre de problemas y reduce los costes de operación en una amplia gama de aplicaciones marinas e industriales.

Tabla 2.14.4.2.1.1

Fluorocarburos, poliacrilato, éter poliuretano, algunas siliconas, etileno/acrílicos, policloruro de etileno, polisulfuros, y algunos caucho nitrilos. Hay potencial para variaciones sustanciales en los elastómeros usados en la actualidad. Para los mejores resultados, consulte con su suministrador de equipos, fabricante de sellos, o su representante local de Mobil para verificar la compatibilidad.

Las aplicaciones específicas incluyen:

- Llenado de por vida de cajas de engranajes, especialmente engranajes sinfín de elevada relación/ bajo rendimiento.
- Cajas de engranajes ubicadas remotamente, donde los cambios de aceite son difíciles.
- Aplicaciones de temperatura alta y baja.
- Aplicaciones centrífugas severas, incluidas centrífugas marinas.

<b>CARACTERÍSTICAS TÍPICAS</b>					
<b>SERIE MOBIL SHC 600</b>	<b>626</b>	<b>629</b>	<b>630</b>	<b>632</b>	<b>634</b>
Grado de viscosidad ISO	68	150	220	320	460
Viscosidad, ASTM D 445					
cSt a 40°C	70	143	216	326	430
cSt a 100°C	10,9	18,3	25,2	38,6	48,5
Índice viscosidad, ASTM D 2270	146	144	152	169	173
Punto de congelación, °C, ASTM D 97	-48	-45	-42	-39	-42
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	236	228	235	250	262
Peso específico, ASTM D 4052, 15°C/15°C	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87
Aspecto, visual	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja
TOST, ASTM D 943, Horas hasta 2 NN	10,000+	10,000+	10,000+	10,000+	10,000+
RBOT, ASTM D 2272, min.	1750	1750	1750	1750	1750
Protección corrosión, ASTM D665, Agua de mar	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Separabilidad agua, ASTM D 1401, Mín. hasta 3 ml emulsión a 54°C	20	-	-	-	-
Separabilidad de agua, -ASTM D 1401, Mín. hasta 3 ml emulsión a 82°C	-	15	15	25	25
Corrosión cobre, ASTM D130, 24 hr a 121°C	1B	1B	1B	1B	1B
Prueba espuma, ASTM D 892, Sec. I,II,III Tendencia / Estabilidad, ml/ml	0/0,0/0,0/0	0/0,0/0,0/0	0/0,0/0,0/0	0/0,0/0,0/0	0/0,20/0,0/0
Test FZG, DIN 51534 (mod) A/16.6/90, Etapa de fallo	11	13	13+	13+	13+

Tabla 2.14.4.2.2.1

#### *2.14.4.2.3 Seguridad e higiene*

Basado en información disponible, no es de esperar que este producto cause efectos adversos en la salud mientras se utilice en las aplicaciones a las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la Ficha de Datos de Seguridad (FDS).

#### **2.14.4.3 Mobilux EP Grasa Multiuso de Extrema Presión**

Mobilux EP es una familia de grasas en base a jabón de litio, multipropósito, de extrema presión, formulada sin el empleo de compuestos de plomo para satisfacer las exigencias ecológicas y sanitarias.

Poseen una elevada estabilidad mecánica y óptimas características antiherrumbre y anticorrosión. Su particular aditivación les confiere excelente resistencia a la oxidación. Aseguran una óptima protección antidesgaste gracias a sus propiedades EP confirmadas por el valor de 40 libras de carga en la prueba Timken.

##### *2.14.4.3.1 Ventajas y Beneficios*

- Estabilidad al fenómeno de cizallamiento.
- Elevada Duración en servicio en cojinetes que trabajan en condiciones severas de servicio (presión, vibraciones, choques, etc.).

- Buena bombeabilidad en sistemas de engrase centralizado.
- Mayor vida útil de los cojinetes en ambientes de humedad.

#### 2.14.4.3.2 Aplicaciones

Mobilux EP se recomiendan para lubricar cojinetes lisos y de rodamientos sometidos a vibraciones y a altas cargas de impacto que operan en un largo rango de temperaturas y en presencia de humedad.

Su gran resistencia al lavado por agua las hace particularmente adecuadas para equipos tales como la parte húmeda de las máquinas de papel y equipos de minería o excavación de túneles, donde las condiciones de trabajo en ambientes de humedad son comunes. También pueden ser empleadas con numerosas ventajas en la lubricación de guías, correderas y levas.

El rango de temperatura de operación recomendado va desde -20 °C a 130 °C, pero pueden ser utilizadas a temperaturas superiores si se establece un periodo de engrase adecuado.

Mobilux EP 0 y 1: son grasas blandas de grados NLGI 0 y 1 respectivamente. Proporcionan una buena bombeabilidad a bajas temperaturas siendo, por lo tanto, adecuadas para sistemas de

engrase centralizados y todas aquellas aplicaciones en las que se requieren buenas prestaciones a baja temperatura.

Mobilux EP 3 es una grasa adherente de grado NLGI 3 recomendada para aquellas aplicaciones donde se requiere la máxima protección contra contaminantes tanto líquidos como sólidos.

#### 2.14.4.3.3 Características Típicas

<i>Mobilux EP</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Jabón	Litio	Litio	Litio	Litio
Grado ISO del aceite	150	150	150	150
Penetración Trabajada, mm/10	370	325	280	230
Consistencia, grado NLGI	0	1	2	3
Punto de gota, °C	180	180	180	180
Temperatura de uso, °C	-20 130	-20 130	-20 130	-20 130
Carga Timken, Kg.	18	18	18	18
Test 4 bolas, Kg. Soldadura	250	250	250	250
Test 4 bolas, mm desgaste	0.4	0.4	0.4	0.4
Emcor test con agua destilada	0-0	0-0	0-0	0-0

Tabla 2.14.4.3.3.1

## 2.14.5 Límites de sobre temperatura en motores eléctricos

### LIMITES DE SOBRE TEMPERATURA EN MOTORES ELÉCTRICOS

		Arrollamientos con aislamiento según clase (°C)					
		A	E	B	F	H	C
Todos los devanados <sup>1</sup> (a excepción de los devanados de campo, por capas)		60	75	80	100	125	Solamente limitados por la influencia de partes aislantes próximas
Arrollamientos de campo de una sola capa en general		65	80	90	100	125	
Núcleos y otras piezas que no estén en contacto directo con el devanado		La temperatura de estas piezas no deberá poner en peligro los arrollamientos próximos y otras partes					
Núcleos de hierro con arrollamientos embutidos		Como los arrollamientos					
Colectores de delgas	Mediciones efectuadas con termómetro de dilatación	60					
	Mediciones efectuadas con termómetro eléctrico	70					
Cojinetes	Rodamientos y cojinetes de deslizamiento	45					
	Rodamientos con grasas especiales <sup>2</sup> (punto de goteo no inferior a 160°C)	55					
Todas las partes restantes		Solamente limitadas por la influencia de piezas aislantes próximas					

1) Para los límites de sobre temperatura de los arrollamientos con tensiones nominales superiores a 15 KV rigen acuerdos especiales

2) Distintivo especial necesario en la placa de características de la máquina (véase VDE 0530, Art.69)

## **2.14.6 Resistencia de aislamiento e índice de polarización en máquinas rotativas.**

### *2.14.6.1 Resistencia de aislamiento*

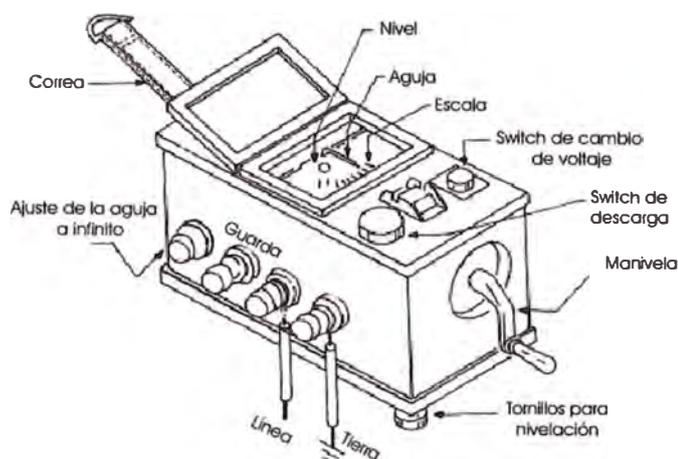
Es el valor de la resistencia expresado en  $M\Omega$ , que ofrece un aislamiento cuando se le aplica un voltaje de corriente directa por un lapso de tiempo definido a partir de la aplicación del mismo. La lectura de las mediciones usualmente es tomada después de un minuto de haberse iniciado estas y luego de diez minutos posteriores.

Respecto al equipo de prueba, estos pueden ser accionados manualmente, a través de baterías propias o entregando tensiones continuas por medio de rectificadores conectados a la red alterna.

### *2.14.6.2 Métodos de medición*

La medición expresada en términos de su resistencia, se puede hacer por tres métodos:

- Por medio de un ohmetro de indicación directa (Megger)
- Con un voltímetro y un amperímetro alimentado con una fuente de corriente directa
- Por medio de un puente de resistencia con batería y galvanómetro



**PARTES CONSTITUIDAS DE UN MEGGER CONVENCIONAL  
CON ACCIONAMIENTO MANUAL**

Figura 2.14.6.2.1

### 2.14.6.3 Determinación del índice de polarización

Cuando se prueban grandes motores o generadores, la capacitancia geométrica es algunas veces tan grande, que es difícil llevar a cabo la prueba de resistencia de aislamiento, debido a los tiempos de carga que son largos.

La prueba del índice de polarización se puede usar para obtener una indicación inmediata de la condición del aislamiento del motor, Es importante observar que esta prueba no está afectada por la temperatura, debido a que se basa en relaciones cuyos valores no están afectados por variaciones de temperatura.

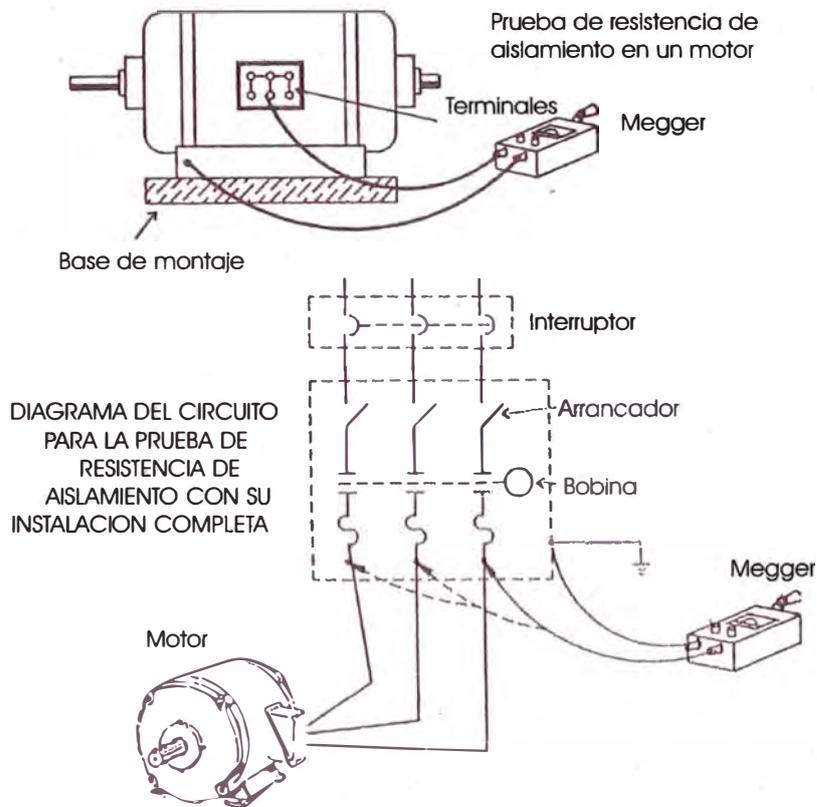
Para desarrollar la prueba se toma una lectura de la prueba de resistencia de aislamiento a 1 minuto, y una segunda lectura a los 10 minutos.

El índice de polarización es el valor obtenido de dividir la segunda lectura entre la primera:

$$IP = \frac{R_{10 \text{ minutos}}}{R_{1 \text{ minuto}}}$$

El valor obtenido proporciona una indicación inmediata de la condición del aislamiento del motor. En la siguiente tabla, se dan algunos valores de relaciones y las correspondientes condiciones relacionadas para el aislamiento probado (v. tabla 2.14.6.3.1).

DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN MOTORES DE INDUCCION



<b>Valores de índice de polarización (IP) que indican las condiciones del aislamiento</b>	
<b>Condición del aislamiento</b>	<b>Relación 10/1 minutos (IP)</b>
Peligroso	<1
Cuestionable	1.0 - 2.0
Bueno	2.0 – 4.0
Excelente	>4.0

Tabla 2.14.6.3.1

Frecuentemente, una lectura de valor bajo indica que el aislamiento está sucio o húmedo. La limpieza y/ o secado generalmente restauran el IP a valores aceptables.

<b>Rango de tensiones del bobinado (V)</b>	<b>Tensión de prueba (V)</b>
< 1000	500
1000 - 2500	500 – 1000
2501 – 5000	1000 – 2500
5001 – 12000	2500 – 5000
> 12000	5000 - 10000

Tabla 2.14.6.3.2

## **CAPITULO 3**

### **MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN LOS MOLINOS**

Los principales motores eléctricos accionan molinos, mixers, extrusoras y calandrias para procesar el producto derivado del caucho (goma) usados en la fabricación de llantas. De los cuales los más importantes por su inversión en mantenimiento son los siguientes:

- Dos Banburys mixers cada uno accionado con motores de 600 y 800 HP ubicados en un sótano con un ambiente con nivel de contaminación tolerable gracias a extractores de polvo.

*(Ver figura 3.1.1).*

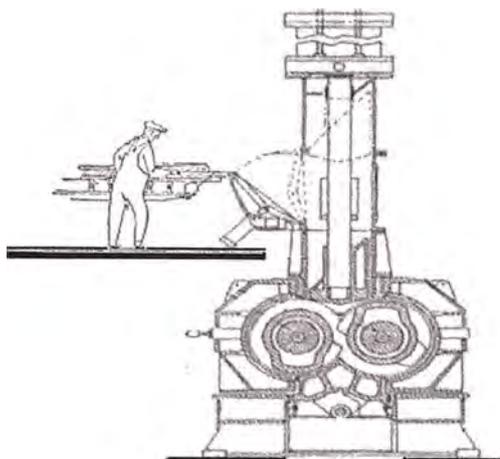


Figura 3.1.1

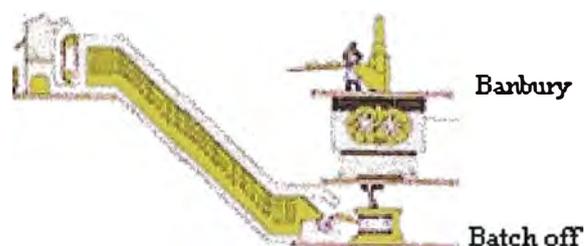


Figura 3.1.2

Dos molinos simples de 200 y 400 HP que se usan para dar la consistencia a la goma (viscosidad y homogeneidad) a la salida de los Banburys, ubicados en un subsótano, en un ambiente con contenido elevado de polvo y humedad, cada uno con ventilación forzada (figura 3.1.2). Denominados *molinos Batch off #1 y #2*.

Dos molinos duales (llamados molinos duplex) se usan para calentar y *romper* la dureza de la goma, accionados por dos motores de 400 HP cada uno; éstos son empleados para proporcionar la banda de rodamiento, ubicados al nivel, en un ambiente con bajo contenido de polvo, uno de ellos con ventilación forzada. Denominados *Línea de molinos #5 y Línea de molinos #6*.

Un molino duplex accionado con un motor de 500 HP usado para calentar el caucho y alimentar al tren de calandrias, y un molino simple o unidrive de 200 HP con la misma función que el anterior. Denominados *Línea de molinos #3* y *Línea de molinos #4*.

Un motor de repuesto de 500 HP, que es el reemplazo solamente para motores de los molinos, no habiendo repuesto los motores de los dos Banburys. En la tabla 3.1.1 se presenta la lista de los motores de los molinos con sus características.

MOTOR	HP	RPM	TENSION	CANTIDAD
General Electric	800	705	2300	1
General Electric	600	1185	2300	1
General Electric	200	700	440	2
Brown Boveri	400	706	2300	2
Westinghouse	400	708	2300	1
Allis Chalmers	500	705	2300	2

Tabla 3.1.1

Los motores grandes son importantes para la transformación primaria (Banburys) y ablandamiento del caucho para su uso en los diferentes procesos para la obtención del neumático (Calandrias y extrusoras), en la siguiente tabla (3.1.2) se presenta el tiempo máximo de parada

aproximado de cada equipo, el tiempo de operación de la planta es de 24 hrs. A excepción del tren de Calandrias que solo opera 12 hrs. por lo que una parada puede recuperarse en las 12 hrs. restantes.

	EQUIPO	MOTORELECTRICO		TIEMPO MAXIMO DE PARADA	TIEMPO DE OPERACIÓN
		cantidad	repuesto	(hrs)	(hrs)
MIXERS	Banbury 1	1	no	24	24
	Banbury 2	1	no	36	24
	Batch off #1	1	si	24	24
	Batch off #2	1	si	36	24
CALANDRIAS	Línea de molinos #3 <i>(puede operar con un solo molino)</i>	1	si	Ineficiencia	8
	Línea de molinos #4	1	si	Ineficiencia	8
EXTRUSORA	Línea de molinos #6 <i>(puede operar solo)</i>	1	si	12	24
	Línea de molinos #6	1	si	Ineficiencia	24

Tabla 3.1.2

Los molinos pueden operar parcialmente originando ineficiencias y un atraso en la producción. Una parada originada por un paro imprevisto de los Banburys de 24 hrs. se dejaría de producir en promedio 447 neumáticos de camión y 1550 neumáticos de auto y camioneta siendo un total aproximado de 2000 neumáticos, en promedio 383,751.55 US\$ por día de parada.

<i>ENERGIA (Consumo mensual)</i>		
Fuente	Unidad de medida	Cantidad
Eléctrica (EDELNOR)	Mw-h	1659.93

Tabla 3.1.3

La inversión en mantenimiento para los motores eléctricos representan en promedio el 14.7% de la inversión total.

*La capacidad instalada de la planta es de 2.31 MW y la potencia consumida por estos motores es de 1.49 MW, siendo el 65% de la energía total consumida.(ver tabla 3.1.3)*

## 3.2 EL TALLER DE MANTENIMIENTO

### 3.2.1 Personal de mantenimiento

El grupo de mantenimiento asignado para el área de molinos mixers, extrusoras, calandrias y cortadoras hasta el año '98 estaban conformados por cinco electricistas, diez mecánicos y un lubricador entre personal Goodyear y contratado; para el año '99 siguiendo la política global de la compañía de reducir costos, el personal de taller fue drásticamente reducido a un electricista, cuatro mecánicos y un lubricador además de siete mecánicos contratados.

A su vez también el mantenimiento de sus motores pasó a ser llevado a cabo por una empresa contratista parcialmente (fabricación de cojinetes, limpieza, estufado y barnizado), dependiendo de los reportes del nivel de aislamiento realizados en intervenciones anteriores, el trabajo del personal de mantenimiento abarca mantenimientos correctivos imprevistos del área e inspecciones preventivas en todos los equipos, y en lo que respecta al mantenimiento de motores específicamente desmontaje y montaje del motor además del mantenimiento eléctrico lo que no incluye a la limpieza, barnizado y estufado del rotor .

### **3.2.2 Infraestructura**

Las herramientas con que cuentan para realizar los trabajos de mantenimiento son los siguientes:

- 2 megóhmetros accionados manualmente ( )
- 4 multímetros (marca: Pflucker)
- 2 pinzas amperimétricas digitales (marca: Pflucker)
- Soplete para la limpieza con material dieléctrico
- Estufa eléctrica
- 2 Tacómetros digitales (marca: Shimpo)
- 1 pirómetro digital (°F/°C)
- 4 tecles (capacidad: 2 ton; marca:)
- 40 mts. de cadenas (entre eslabones de ½" y ¾")

- Herramientas (llaves y palancas)

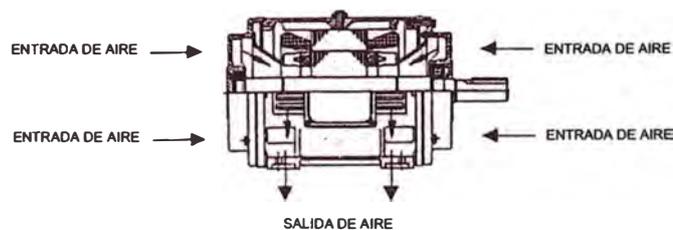
1 puente para maniobras, etc.

### 3.2.3 Antecedentes

#### 3.2.3.1 Historial de fallas

En la tabla 3.2.3.1.1 se muestran, los hechos más saltantes ocurridos desde el año 97 al año 99 donde se puede notar que las fallas corresponden a los motores y reductores:

(1) El motor de la línea #4 presentó un cortocircuito causado por goteo de aceite proveniente del recipiente de lubricación en mal estado ubicado en el lado de *no acople*, éste motor fue reparado parcialmente siendo las recomendaciones del especialista de un rebobinado, llevándose este a cabo en el año 98 después de la última falla; a su vez se reparó la botella de lubricación dado que una gota de aceite podía ingresar en forma de aspersión al interior del motor, al presentar el motor como parte de su diseño de circulación de aire de refrigeración (ver figura).



**(2)** El motor del Batch off #1 es un motor cuyo reductor presentó problemas al romperse varios dientes de su reductor abierto, como consecuencia de fatiga del material; al romperse un diente del engranaje de mayor diámetro provocó un mal engrane y la ruptura de varios dientes, la vibración originada aumentó el desgaste del cojinete; este cesó cuando se cambió el engranaje de mayor diámetro semanas después; como consecuencia de esto se implementó un programa periódico de mantenimiento predictivo dentro del plan de mantenimiento con la finalidad de monitorear el nivel de vibración de sus motores y reductores grandes como parte de un programa predictivo de análisis de aceite y vibracional subvencionado por la compañía Mobil.

**(3)** El motor del Banbury 2, falla originada después de un rebobinado (intervención realizada después de un trabajo de mantenimiento predictivo y detectarse dos barras del rotor rajadas); al rebobinarse no se hizo el balanceo dinámico del rotor antes de ponerlo en operación, luego de ocurrida la falla se tuvo que retirar material de algunas bobinas para lograr un adecuado balance ; ésta parada generó pérdidas considerables debido a que la reparación duró aprox. una semana más de lo previsto originando que la gerencia implemente un plan de contingencia consistente en la compra de goma procesada a terceros.

**(4)** En el sistema de transmisión del motor de la línea #5 de molinos, presentó una elevada vibración en el apoyo del engranaje de menor diámetro del reductor abierto siendo éste equipo de la década del '50, se intervino para el año '97 al cambiarse el piñón de menor diámetro por engrane deficiente (los dientes presentaban desgaste considerable), se redujo el nivel de vibración pero se mantuvo el defecto, la raíz del problema provenía de una vibración fuera de lo normal en el reductor cerrado, a fines del '98 se reemplazó el reductor cerrado con otro de las mismas características proveniente de otra planta.

### HISTORIAL DE FALLAS (Tabla 3.2.3.1.1)

Fecha	TIPO DE FALLA	CAUSA	MOTOR	TIEMPO DE PARADA	TIEMPO DE REPARACION
jul-97	Fogoneo (aislamiento bajo)	Cortocircuito de espiras	Línea #4 <sup>(1)</sup>	8 hrs.	72 hrs.
nov-97	Fogoneo (aislamiento bajo)	Cortocircuito de espiras		8 hrs.	72 hrs.
nov-97	Recalentamiento de cojinetes de Babbitt	Cojinete ajustado	Batch off #1 <sup>(2)</sup>	1 hr.	1 hr.
ene-97	Roce rotor/estator	Desbalance del rotor	Banbury 2 <sup>(3)</sup>	144 hrs.	144 hrs.
may-97	Roce estator/rotor	Cojinete desgastado por vibración excesiva de reductor	Línea #5 <sup>(4)</sup>	8 hrs.	12 hrs.
may-97	Recalentamiento de cojinetes de Babbitt	Cojinete con poca tolerancia		1 hr.	1 hr.
jun-98	Fogoneo (aislamiento bajo)	Cortocircuito de espiras	Línea #4	8 hrs.	72 hrs.
abr-98	Roce estator / rotor	Excesiva vibración de reductor	Batch off #1	12 hrs.	12 hrs.
nov-98	Deterioro de grilla de acople motor/reductor	Excesiva vibración	Línea #5	2 hrs.	2 hrs.
dic-98	Recalentamiento de cojinete	Cojinete con poca tolerancia		1 hr.	1 hr.
feb-99	Roce rotor/estator	Excesiva vibración	Línea #5	8 hrs.	12 hrs.
dic-99	Metalizado de puños de rotor	Desgaste		8 hrs.	24 hrs.

### 3.2.3.2 Diagnóstico de fallas

Los cojinetes de motor son componentes vitales para el buen funcionamiento y larga vida de un motor. Las principales fallas que pueden ocurrir se describen a continuación:

**Desbalance:** se produce como consecuencia de un rebobinado del rotor, generalmente cuando se hablan de máquinas rotativas de gran tamaño el desbalance afecta considerablemente, por lo que después de cada rebobinado se realiza un balanceo dinámico del rotor antes de poner en servicio el motor, el no realizar el balanceo dinámico podría ser causa de roce entre rotor y estator.

**Fogoneo:** Se produce al bajar considerablemente la resistencia de aislamiento del rotor o estator, generalmente trae consigo la perforación de las bobinas; algunas veces puede ser provocado por un agente externo (ambiente con elevado nivel de contaminación lo más común en la planta polvo de negro de humo o aceite de lubricación) o por la vejez del aislamiento (puede ser por vejez natural o una elevación de la temperatura en el devanado superior a la permisible dado por el fabricante).

**Chisporroteo:** Se produce al realizarse un falso contacto en las escobillas por el desgaste del carbón; resorte vencido o la reducción del área de contacto del carbón, esto trae como consecuencia

perforaciones en el asiento de las escobillas o en los contactores del tablero, siempre en cada intervención sea de mantenimiento o inspección se realiza un asentado de carbones y una inspección de los resortes los cuales son calibrados a una tensión de entre 180-210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Desalineamiento:** hay dos posibles causas de desalineamiento,

**Cojinete fuera de tolerancia:** provoca roce rotor estator cuando la tolerancia máxima sobrepasa lo recomendado por el fabricante.

**Otros:** se origina como consecuencia de un mal montaje o un eje torcido, el alineamiento se lleva a cabo con el método de la regla generalmente; hasta la fecha no se han tenido problemas de desalineamiento por lo que no se recurre a otros métodos.

**Vibraciones:** una vibración ajena al motor origina un desgaste mayor de los cojinetes y del eje, estos pueden deberse a vibraciones provenientes del reductor; otra causa puede deberse a una soldadura de la base del motor.

**Bobinas sueltas o rajadas, o barras del rotor rotas o quebradas:** la única forma de detectarlo es por técnicas de análisis vibracional, habiendo un sólo caso registrado de barras de rotor rotas en la planta.

Una parte fundamental para la detección de fallas es el personal de lubricación quienes realizan trabajos de inspección rutinarias una vez al día.

### **3.3 MANTENIMIENTOS APLICADOS**

En el programa de mantenimiento preventivo de la Cía. Goodyear se monitorean todos los parámetros que pueden afectar la plena y eficiente operatividad de los equipos que forman parte de los procesos productivos. Se aplican los tres tipos de Mantenimiento; Preventivo, Predictivo y el correctivo; siendo el correctivo el de mayor órdenes de trabajo de mantenimiento en toda la planta, en el anexo 02 se presenta el programa de mantenimiento del año '99.

#### **3.3.1 Mantenimiento preventivo**

En el mantenimiento preventivo a los motores grandes es realizado cada 6 meses; se realiza cambio de los cojinetes de Babbitt, limpieza y estufado del rotor y el estator así como inspección y reemplazo de los carbones, calibrado de los resortes del portacarbones . Antes del '98 el mantenimiento se realizaba tres veces al año pero al controlarse y disminuir las fugas de negro de humo (principal contaminante) como parte de programas de mejora continua; las intervenciones de mantenimiento se redujeron; en el programa de mantenimiento mostrado se denota por M01 (*ver anexo 02*).

La inspección preventiva (I01), es una inspección realizada con máquina parada y en operación es llevada a cabo cada seis meses, ésta se implementó como medida para controlar el aislamiento del motor, verificar el estado del equipo para posibles intervenciones correctivas en el siguiente mantenimiento programado.

### **3.3.1.1 Trabajos de mantenimiento preventivo**

Trabajos previos:

- Se prepara la zona de trabajo, limpiando el área y se trasladan las herramientas necesarias para la ejecución del trabajo.
- Se desenergiza el equipo usando el sistema de seguridad LOCK OUT/TAG OUT.
- Se instala un puente sobre el motor para realizar la maniobra de separar el rotor del estator.
- Se prepara un montacargas para el transporte hasta el vehículo que va a llevarlo al taller del contratista, y se instala el motor de repuesto.

Trabajo de Mantenimiento:

- Se retiran las guardas de seguridad y se desacopla el motor mecánica y eléctricamente, marcando las líneas eléctricas.
- Se chequea el aislamiento del rotor y estator.

- Se desmontan tapas, chumaceras y rotor con sumo cuidado para no dañar el rotor, estator porta escobillas y anillos dejando descansar al rotor sobre el estator (figura 3.3.1.1.1).
- Se procede con la maniobra de retiro del rotor suspendiéndolo de los extremos teniendo mucho cuidado de no rallar el eje y desplazándolo axialmente dentro del estator hasta separarlo (figura 3.3.1.1.2).
- Se inspecciona rotor y estator (estado de cojinetes, bobinas, eje, anillos de lubricación, anillos deslizantes, escobillas, retenes, carbones)

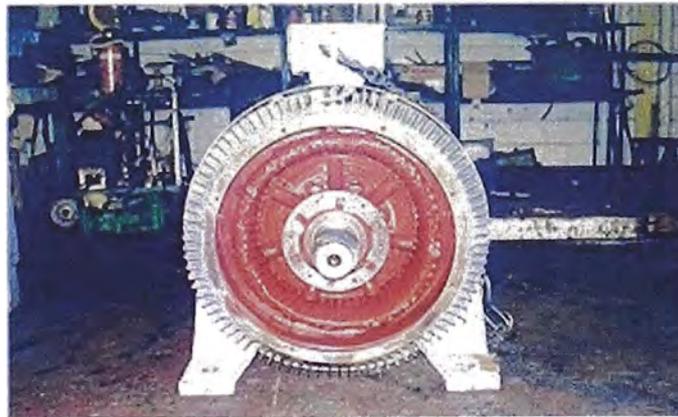


Figura 3.3.1.1.1

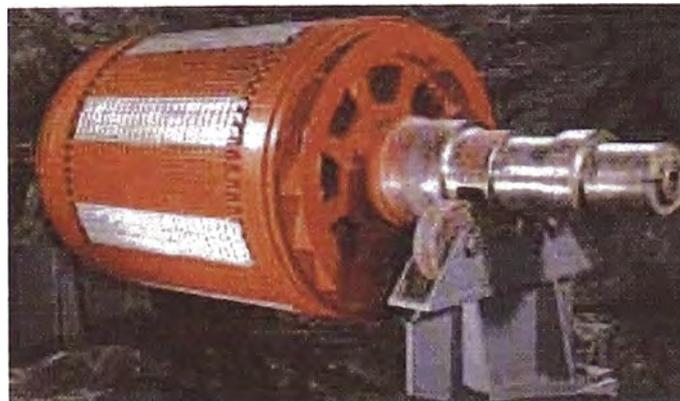


Figura 3.3.1.1.2

- Se miden las dimensiones de ejes y cojinetes para la fabricación de cojinetes para el próximo mantenimiento.
- Se lava y estufa el estator y rotor.
- Se limpian anillos deslizantes, porta escobillas terminales y conexiones.
- Una vez concluidos los trabajos sobre el estator y el rotor se procede a medir el aislamiento a temperatura ambiente si este se encuentra bajo los parámetros se procede a enviarlo al taller contratista para su barnizado o su rebobinado.
- Se procede al armado del motor con los cuidados respectivos para no dañar algún componente del motor, siguiendo el procedimiento inverso que en el desmontaje, se deja descansar el rotor sobre los cojinetes habiendo previamente humedecido los mismos con aceite.
- Una vez montados los cojinetes, se rellenan con el lubricante especificado y con una llave cadena colocado a la altura del acople se procede a hacer girar el rotor para verificar su libre deslizamiento (evitar roce rotor / estator).
- Se efectúa el acoplamiento, dejando una tolerancia entre acoples no menor de 5mm para permitir que el campo electromagnético centre el rotor con respecto al campo del estator; se corrige cualquier desalineamiento colocando láminas metálicas en cualquiera de los cuatro apoyos del motor, la técnica de

alineamiento empleada es el de reglas y cintas estándares de medición, usándose la regla recta para *alineamientos gruesos*, las cintas son usadas para medir la distancia entre los ejes o mazas de los acoplamientos; las graduaciones de la cinta son tan pequeñas como 1mm (1/16" a 1/32" en cintas del sistema inglés) la cual está cerca de la dimensión más pequeña que es capaz de discernir la vista sin ayuda. (ver figura 3.3.1.1.3).

- Se realiza la conexión eléctrica, respetando la numeración.
- Se reestablece el suministro de energía eléctrica y realiza una prueba en vacío por un mínimo de 2 hrs., si se percibiera dureza o calentamiento de bocinas, se rasquetean éstas y se prosigue la prueba.
- Se limpia el equipo y la zona de trabajo.
- Se llena la hoja de reporte del mantenimiento junto con las tarjetas de seguridad las cuales son entregadas al supervisor.

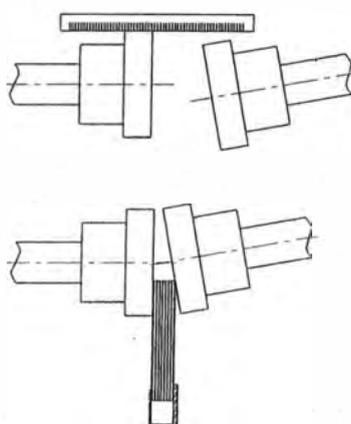


Figura 3.3.1.1.3

### **3.3.1.2 Trabajos de inspección de mantenimiento**

#### *Inspección con máquina funcionando*

Después de cuatro horas de funcionamiento como mínimo, se revisan:

- Ruidos anormales
- Vibraciones anormales
- Se toma temperatura con pirómetro

#### *Inspección con máquina parada*

Apagar el motor usando el sistema lock out / tag out

- Se verifica el nivel de aceite
- Se verifica el estado de anillos, carbones y cambiarlos si fuera necesario
- Se revisan estado de faja de ventilador si tuviera
- Se toma valor del aislamiento del motor

Al finalizar la inspección se reestablece la energía y se prueba. El reporte es llenado y entregado al supervisor junto con la tarjeta de seguridad.

### **3.3.2 Mantenimiento predictivo**

Las inspecciones de mantenimiento predictivo se llevan a cabo cada 4 meses, controlándose el nivel de vibración.

En el mantenimiento predictivo se usan dos técnicas predictivas para el control de los motores:

*Análisis vibracional:* mediante el análisis del espectro vibracional se pueden determinar desequilibrio, desalineamiento, cojinetes defectuosos, soldadura mecánica, problemas eléctricos.

El control vibracional antes del año 97 se llevaba a cabo una vez al año, al aumentar la capacidad de producción y reducirse los tiempos disponibles de mantenimiento decidió realizarse tres veces al año como control preventivo, siendo monitoreado por una compañía externa.

*Control de temperatura:* después de llevarse a cabo el mantenimiento preventivo, a veces se generaban altas temperaturas en los apoyos como consecuencia de darse tolerancias muy reducidas al cojinete, por lo que se decidió controlar la temperatura periódicamente con un termómetro infrarrojo después de 12 hrs. y a las 24 hrs. de realizado el mantenimiento

### **3.3.3 Mantenimiento correctivo**

Los mantenimientos correctivos mayores se coordinan con la gerencia de producción dependiendo de la gravedad, trabajos correctivos

menores como ajustes se realizan en coordinación con el jefe inmediato.

### **3.4 ANÁLISIS TÉCNICO DE REDUCTOR CRÍTICO**

A continuación se presenta un caso relativo a la falla de un reductor cerrado, la falla data de años anteriores a 1997, es probable que el origen se halla debido a un desalineamiento motor – reductor por un periodo de tiempo prolongado, esto sumado a elevadas cargas de trabajo fomentó un desgaste excesivo en los dientes de los reductores abiertos y cerrados.

## REPORTE DE ANALISIS DE ACEITE

**EM/PA**  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS A TRAVES DE ANALISIS PROGRESIVOS

### RESULTADOS ANALISIS

No. FILE : 1140	EQUIPO : LINEA #5
No. ENVIO: 2/97	MARCA Y MOD.: FARREL BIRMINGHAM
CLIENTE : CIA. GOODYEAR DEL PERU S.A.	# EQUIPO : 3100102
DIRECCION: AV. ARGENTINA 6037, CALLAO	COMPONENTE : REDUCTOR
CIUDAD : CALLAO	MARCA Y MOD.: FARREL BIRMINGHAM SRA
	# COMPONENTE:
	CAP. CARTER : 65.0 Gls.
	COMBUSTIBLE :

No. ANALISIS EMPA	ULTIMO	2	3	4	5	
LUBRICANTE	MOBILGEAR 632					
No. LAB.	3054/97	1687/97	599/97	2356/96	1528/96	
FECHA	REPORTE :	12/09/97	07/25/97	04/01/97	12/05/96	08/20/96
MM/DD/AA	RECIBO :	11/25/97	07/24/97	03/20/97	12/04/96	08/19/96
	MUESTREO :	/ /	07/15/97	03/11/97	11/30/96	08/15/96
MOTOR (Kms/Hrs)						
ACEITE (Kms/Hrs)						
RELLENOS (Gls.)						
RESULTADOS ANALISIS ACEITE						
VISCOSIDAD, Cst @ 40C	296.9	+263.4	289.8	288.8	287.5	
VISCOSIDAD, Cst @ 100C						
AGUA, % Volumen	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	
OXIDACION, A/Cm.			0.0	0.28	4.85	
INSOLUBLES .5 $\mu$	0.08	0.07	0.06	0.04	*1.01	
RESULTADOS ANALISIS DE METALES (PPM)						
SILICE	15	*26	14	16	*39	
HIERRO	69	34	71	27	*240	
COBRE	0	0	0	0	2	
CODIGOS DE ACCION		1,			6, 7, 8,	
RESULTADO GLOBAL	0	1, 3	0	0	2, 3	

NOTA: FOSFORO, %wt: 0.029

## INFORME TÉCNICO DE ANÁLISIS VIBRACIONAL (02/07/97)

### CONSULTORIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

- ANALISIS VIBRACIONAL
- BALANCEO DINAMICO
- MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL  
PREVENTIVO - PREDICTIVO
- CALIDAD TOTAL

---

### INFORME TECNICO

#### OBJETIVO.-

El objetivo del presente Informe es dar a conocer los resultados del Análisis Vibracional efectuado a la Línea de Molinos No. 5 y al Molino Bach Off 2 los días 2 y 3.07.97.

Asimismo se dan las recomendaciones necesarias para subsanar las deficiencias encontradas de manera que dichos equipos continúen dando un servicio confiable.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. LA LINEA DE MOLINOS No. 5, presenta niveles de vibración total muy cercanos a su límite tolerable que es 11.2 mm/seg (ver cuadro No. 1), según la Carta de Severidad Vibracional, Norma VDI-2056, ésta línea pertenece al grupo G de máquinas grandes cuya frecuencia natural excede la velocidad de la máquina, esto último significa que durante el arranque del motor hasta la velocidad de operación de las distintas partes de la línea no se pasa por su velocidad crítica (o frecuencia natural de la máquina).

Al hacer el Análisis Vibracional con el barrido en frecuencia (Vibracional Filtrada) de los puntos que presenta nivel vibracional más alto, podemos apreciar varios problemas:

- 1.1 La presencia de picos de vibración en el punto 6H (molino izquierdo, mirando del motor hacia el reductor) a la frecuencia de 32.9 Hz(1x) y 68.3 Hz(2x) que coinciden aproximadamente con la

## CONSULTORIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

- ANALISIS VIBRACIONAL
- BALANCEO DINAMICO
- MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL  
PREVENTIVO - PREDICTIVO
- CALIDAD TOTAL

frecuencia de engrane y el doble de esta frecuencia respectivamente de los piñones de los rodillos frontal y trasero que esta dada por la fórmula (frecuencia de engrane = No. de dientes x velocidad del engranaje) en este caso, 26 dientes x 78.4 RPM = 2038.4 RPM/60 = 33.97 Hz y el doble es  $2 \times 33.97 = 67.94$  Hz. Lo cual nos refleja un problema de engrane no paralelo entre dichos engranajes del molino del lado izquierdo.

- 1.2 La presencia de picos de vibración a la frecuencia de 11.6 Hz que coincide aproximadamente con la velocidad de giro del motor 706 RPM (11.7 Hz) y la incidencia del sentido axial además del sentido radial, nos refleja un problema de desalineamiento entre los ejes del motor y reductor.
- 1.3 Por último la presencia de picos a las frecuencias de 224 Hz (1x) y 894 Hz (4x) que coinciden con la frecuencia de engrane y el cuadruplo de esta frecuencia respectivamente de los engranajes cónicos del reductor, dada por la fórmula: 19 dientes x 706 RPM = 13,414 RPM (223.5 Hz) y el cuadruplo:  $4 \times 223.5 = 894$  Hz. Lo cual nos indica un problema de mal engrane entre dichos engranajes cónicos; afectado a su vez por el desalineamiento. La presencia del cuadruplo de la frecuencia de engrane nos indica un problema de holgura en los alojamientos de los rodamientos Timken o mala regulación del juego en el montaje de dichos rodajes.

## **CONSULTORIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

---

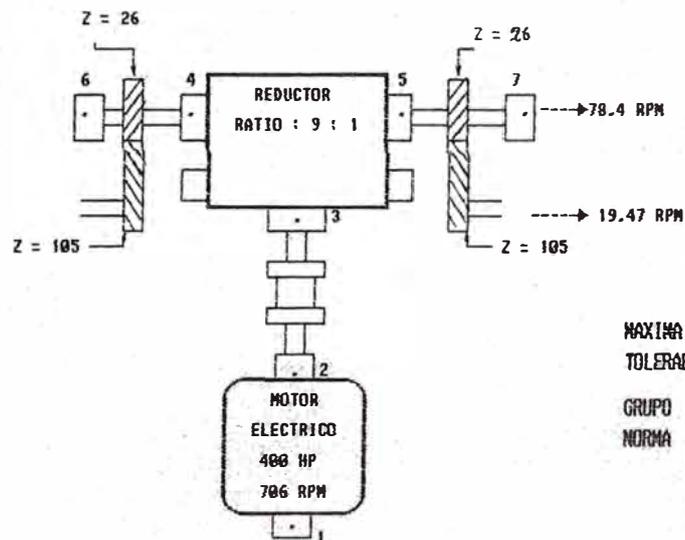
- ANALISIS VIBRACIONAL
- BALANCEO DINAMICO
- MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL  
PREVENTIVO - PREDICTIVO
- CALIDAD TOTAL

### **RECOMENDAMOS**

- 1.1 Inspeccionar la forma de engrane entre los engranajes de los rodillos del molino lado izquierdo (mirando del motor al reductor) utilice azul de Prusia, de ser necesario corrija el posicionamiento entre ellos de la mejor manera posible.
- 1.2 Efectúe un alineamiento entre ejes del motor y reductor usando el método del Dial Invertido (con reloj comparador) utilizando laines y corriendo el motor justo lo necesario de acuerdo a las lecturas con el reloj comparador.
- 1.3 Inspeccione los alojamientos de los rodamientos Timken y de tener mucha holgura embocínelos de ser necesario o regule su juego de manera que permita posicionar correctamente los engranajes cónicos del reductor.

- ANALISIS VIBRACIONAL
- BALANCEO DINAMICO
- MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL  
PREVENTIVO - PREDICTIVO
- CALIDAD TOTAL

**CUADRO No. 1: CONTROL Y ANALISIS VIBRACIONAL DE LA LINEA DE MOLINOS No. 5.**



MAXIMA VIBRACION  
TOLERABLE : 11.2 mm/seg  
GRUPO : G  
NORMA : VDI-2056

PTOS.	POS.	VIBRACION TOTAL (mm/seg)
1	H	3.9
	V	4.5
	A	5.9
2	H	10.8
	V	9.8
	A	7.8
3	H	5.2
	V	10.5
	A	6.3
4	H	4.0
	V	4.8
	A	5.9-6.4

PTOS.	POS.	VIBRACION TOTAL (mm/seg)
5	H	3.8
	V	6.4
	A	4.9
6	H	7.9-10.2 *
	V	4.9-6.3
	A	4.1-5.2
7	H	5.0-6.7
	V	3.0-4.9
	A	4.0-5.3

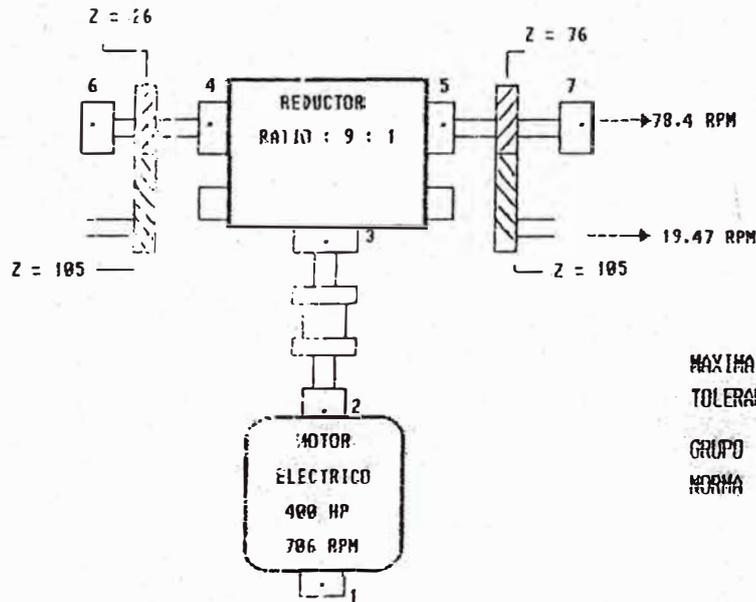
\* La lectura con guión (ej. 7.9-10.2) significa que la vibración oscila entre un mínimo 7.9 y un máximo 10.2

## MEDICION POSTERIOR REALIZADO EL 08/11/97

### CONSULTORIA EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

- ANALISIS VIBRACIONAL
- BALANCEO DINAMICO
- MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL  
PREVENTIVO - PREDICTIVO
- CALIDAD TOTAL

**CUADRO No. 1: CONTROLES VIBRACIONALES DE LA LINEA DE MOLINOS No. 5.**



MAXIMA VIBRACION  
TOLERABLE : 11.2 mm/seg  
GRUPO : G  
NORMA : VDI-2956

#### VIBRACION TOTAL (mm/seg)

FECHA		08.11.97
PTOS.	POS.	
1	H	3.2
	V	2.6 - 3.0
	A	2.9 - 3.5
2	H	4.1 - 4.8
	V	3.5 - 4.4
	A	3.0 - 4.4
3	H	6.8 - 7.5
	V	6.2 - 8.0
	A	4.4 - 4.8
4	H	5.9 - 6.3
	V	4.4 - 4.9
	A	4.6 - 5.1

FECHA		08.11.97
PTOS.	POS.	
5	H	3.3 - 3.7
	V	7.0 - 8.1
	A	5.1 - 5.6
6	H	9.4 - 11.4
	V	6.4 - 7.3
	A	4.2 - 5.7
7	H	5.7 - 6.3
	V	2.5 - 2.8
	A	3.5 - 4.7

**CARTA DE SEVERIDAD VIBRACIONAL**  
**NORMA INTERNACIONAL VDI 2056**

Velocidad  
RMS  
mm/seg.

45	No permisible	No permisible	No permisible	No permisible
28			Solo tolerable	
18	Solo tolerable	Solo tolerable	Solo tolerable	Solo tolerable
11.2				Permisible
7.1	Solo tolerable	Solo tolerable	Permisible	Permisible
4.5				
2.8	Permisible	Permisible	Buena	Buena
1.8				
1.12	Buena	Buena	Buena	Buena
0.71				
0.45	Buena	Máquinas medianas 15-75 KW ó hasta 300 KW en bases especiales	Máquinas grandes con bases rígidas y pesadas cuya frecuencia natural exceda la velocidad de la Máquina	Máquinas grandes que funcionan a velocidades superiores a la frecuencia natural de la base (p.ej. Máquinas turbo)
0.28				
0.18	GRUPO K	GRUPO M	GRUPO G	GRUPO T

## Reductor de la línea de molinos #5

### Tabla de análisis de aceite y vibración

Viscosidad Especificada: 326

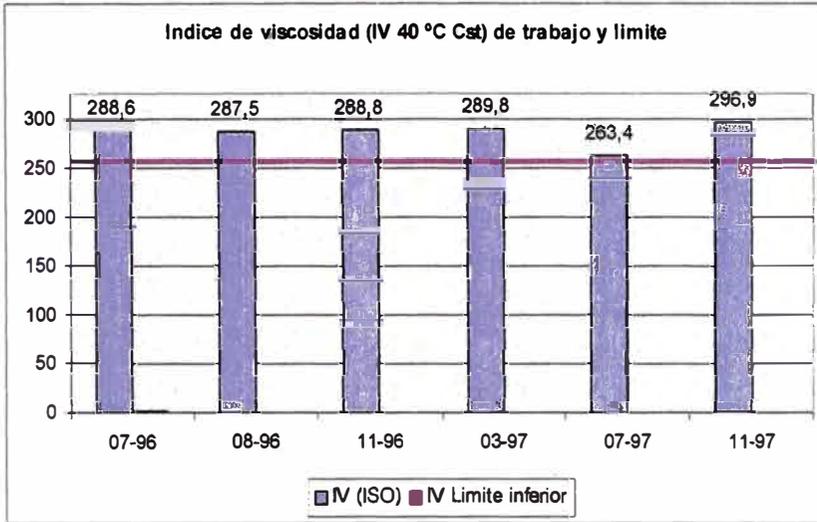
Fechas	Viscosidad	Agua (% vol)	Oxidación	Insolubles	Sílice	Hierro	Cobre	Vibración		
								Pto 2	Pto 3	Pto 6
07-96	288,6	0	4,89	0,9	37	170	3	5,2	6,3	9,7
08-96	287,5	0	4,85	1,01	39	240	2	5,4	5,8	9,5
11-96	288,8	0	0,28	0,04	16	27	0	6,1	7,1	9,8
03-97	289,8	0	0	0,06	14	71	0	5,7	6,5	9,2
07-97	263,4	0	0	0,07	26	34	0	10,8	10,5	10,2
11-97	296,9	0	0	0,08	15	69	0	4,8	8,8	11,4

Pto. 2 : hace referencia al punto 2H del informe realizado por la cia. Contratista.

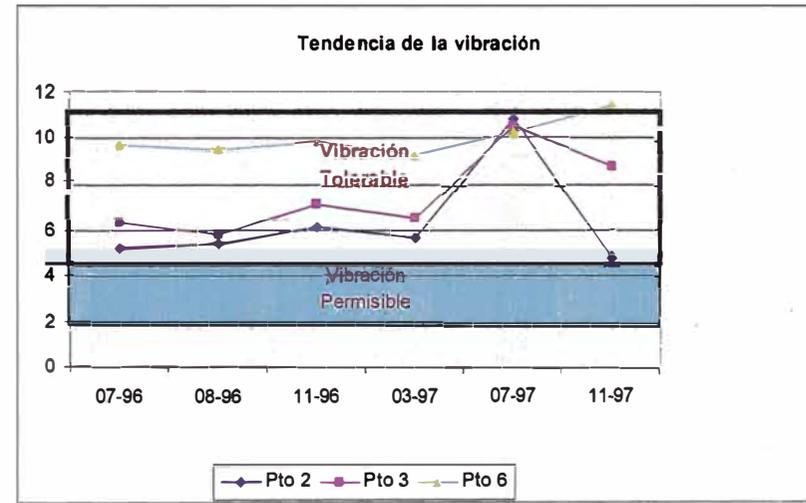
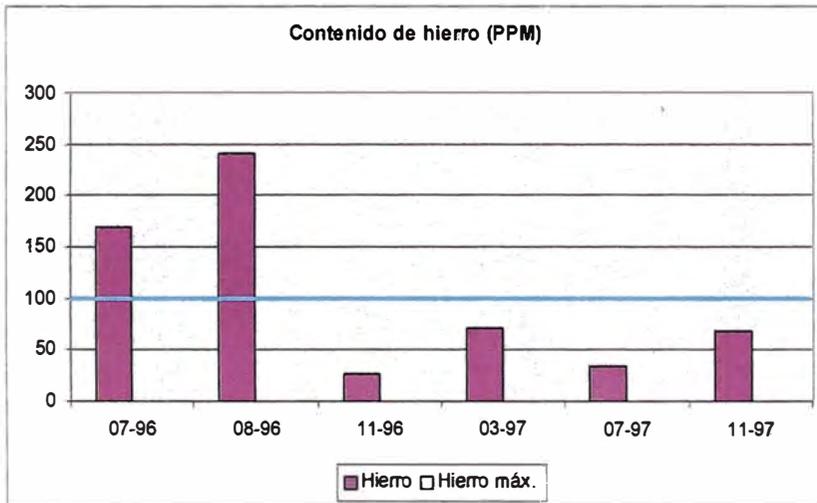
Pto. 3 : hace referencia al punto 3V

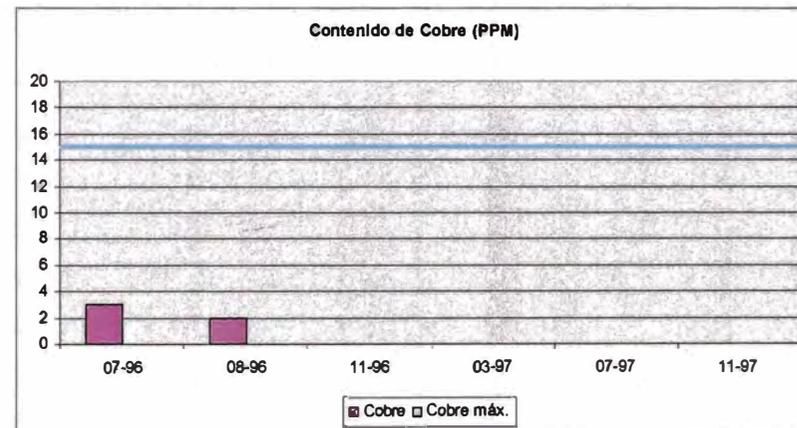
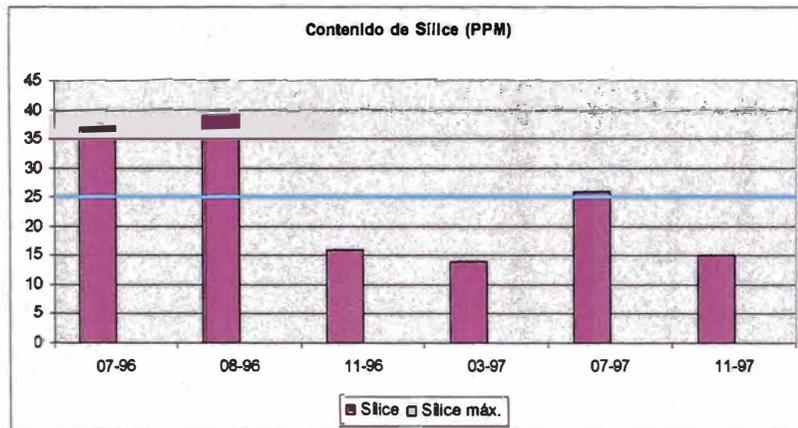
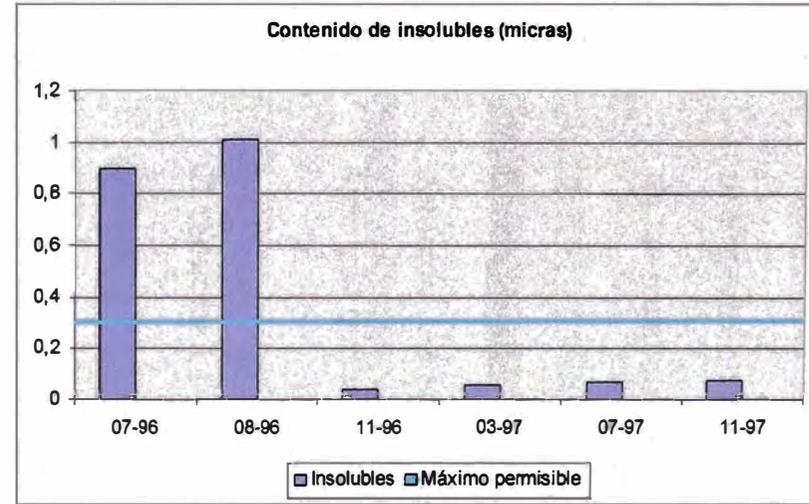
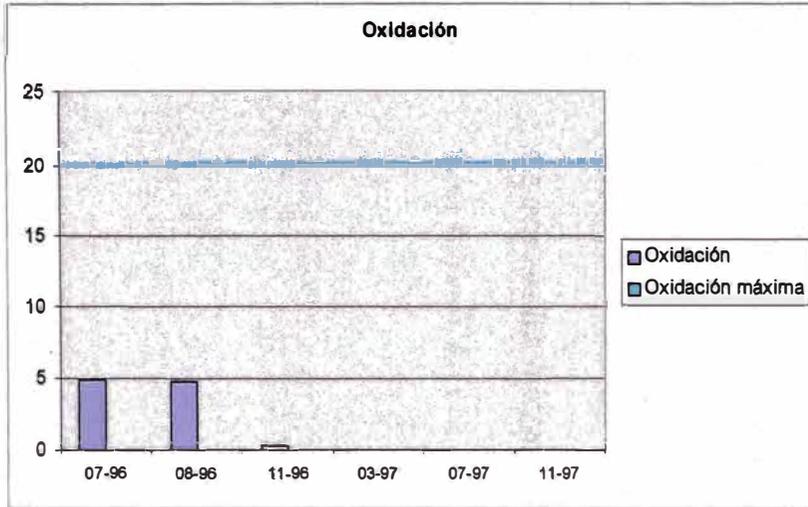
Pto. 6 : hace referencia al punto 6H

## ANÁLISIS DE RESULTADOS



CARACTERÍSTICAS TÍPICAS					
SERIE MOBIL SHC 600	626	629	630	632	634
Grado de viscosidad ISO	68	150	220	320	460
Viscosidad, ASTM D 445					
cSt a 40°C	70	143	216	326	430
cSt a 100°C	10.9	18.3	25.2	38.6	48.5
Indice viscosidad, ASTM D 2270	146	144	152	169	173
Punto de congelación, °C, ASTM D 97	-48	-45	-42	-39	-42
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	236	228	235	250	262
Peso específico, ASTM D 4052, 15°C/15°C	0.86	0.86	0.87	0.87	0.87
Aspecto, visual	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja
TOST, ASTM D 943, Horas hasta 2 NN	10.000-	10.000-	10.000-	10.000-	10.000-
RBOT, ASTM D 2272, min.	1750	1750	1750	1750	1750
Protección corrosión, ASTM D665, Agua de mar	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Separabilidad agua, ASTM D 1401, Min. hasta 3 ml emulsión a 54°C	20	-	-	-	-
Separabilidad de agua, ASTM D 1401, Min. hasta 3 ml emulsión a 82°C	*	15	15	25	25
Corrosión cobre, ASTM D130, 24 hr a 121°C	1B	1B	1B	1B	1B
Prueba espuma, ASTM D 892, Sec. I,II,III Tendencia / Estabilidad, ml/ml	0.0.0.0.0.0	0.0.0.0.0.0	0.0.0.0.0.0	0.0.0.0.0.0	0.0.20.0.0.0.0
Test FZG, DIN 51534 (mod) A/16.690, Etapa de fallo	11	13	13-	13-	13-





Mediante el análisis de aceite se concluyó que hubo un desgaste prematuro dentro del reductor cerrado por el alto contenido de hierro de las muestras analizadas (ver tabla anterior).

El engranaje del reductor abierto de menor diámetro presentaba defectos, las partes de los dientes más afectados eran la raíz y el pie, mientras que la línea de pitch se encontraba prácticamente intacto.

El reductor cerrado presentaba problemas de picaduras, desgaste y grietas.

Al cruzar la información de los cuadros se pudo notar un aumento de la vibración por las fechas 07/97 muy al margen de que los niveles de vibración se encontraban dentro de los márgenes superiores de vibración tolerable teniendo en cuenta que nuestro equipo de análisis se encuentra dentro del grupo G de la Tabla de Severidad Vibracional; (Ver tabla 3.4.1).

Velocidad RMS mm/seg.

45	No permisible	No permisible	No permisible
28			Solo tolerable
18	Solo tolerable	Solo tolerable	Solo tolerable
11.2			Permisible
7.1	Permisible	Permisible	Permisible
4.5			Buena
2.8	Buena	Buena	Buena
1.8			Máquinas grandes que funcionan a velocidades superiores a la frecuencia natural de la base (p.ej. Máquinas turbo)
1.12	Máquinas Pequeñas hasta 15KW	Máquinas medianas 15-75 KW ó hasta 300 KW en bases especiales	Buena
0.71			Máquinas grandes con bases rígidas y pesadas cuya frecuencia Natural exceda la velocidad de la Máquina
0.45	Máquinas Pequeñas hasta 15KW	Máquinas medianas 15-75 KW ó hasta 300 KW en bases especiales	Buena
0.28			Máquinas grandes con bases rígidas y pesadas cuya frecuencia Natural exceda la velocidad de la Máquina
0.18	GRUPO K	GRUPO H	GRUPO G
			GRUPO T

Tabla 3.4.1

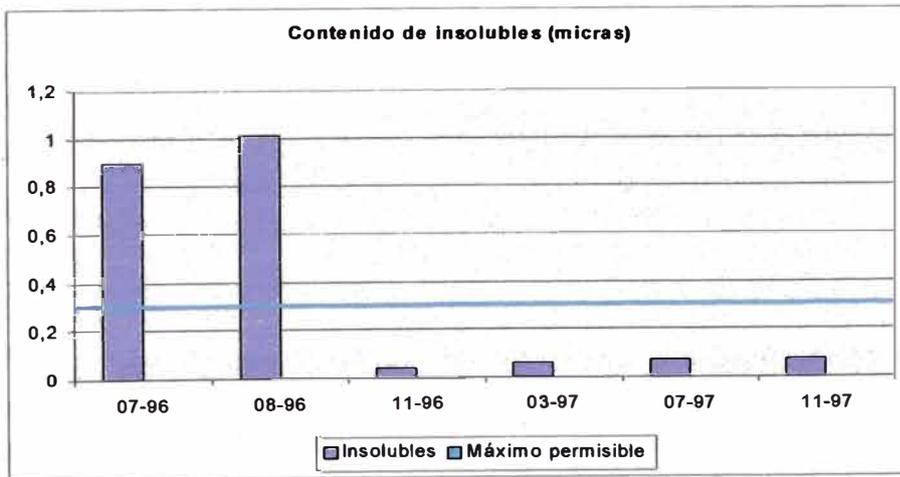


Gráfico 3.4.1

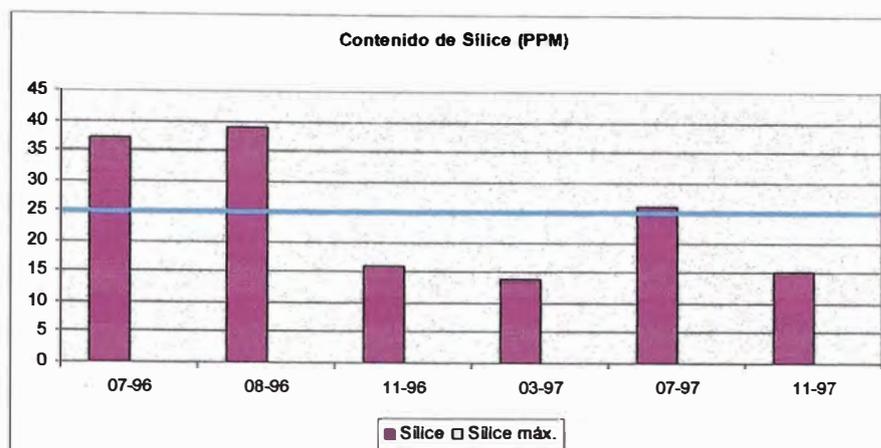


Gráfico 3.4.2

Como observación podemos notar los elevados niveles de desgaste del reductor cerrado posteriores a 1997, además de los elevados niveles de insolubles y sílice.

Los elevados niveles de sílice (grafico 3.4.2) tiene su explicación por el tipo de materia prima que se usa para la fabricación del neumático sílice y carbón; de esta información se concluye que podría existir alguna forma de ingreso de estos elementos o que el reductor fue abierto para algún mantenimiento y el aceite se contaminó.

Si bien se realizaron cambios de aceites las probabilidades de contaminación son elevadas; debido a que la planta trabaja las 24 hrs. del día y los 7 días de la semana (grafico 3.4.1).

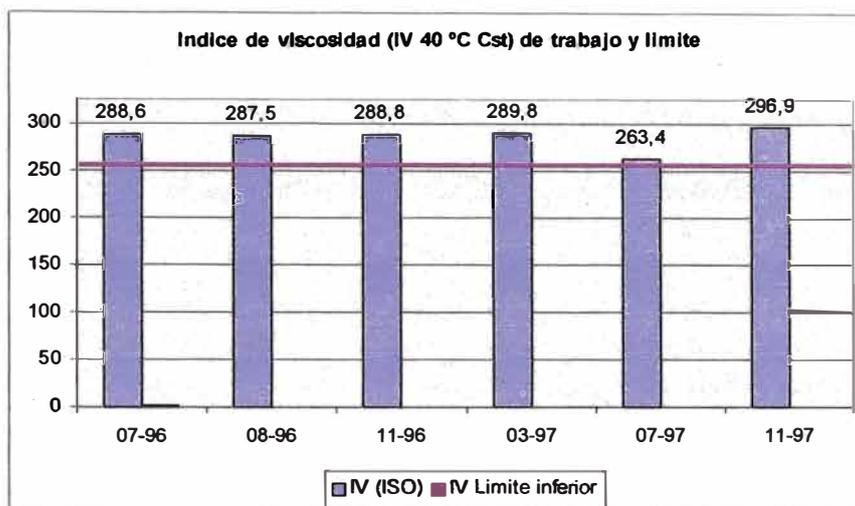


Gráfico 3.4.3

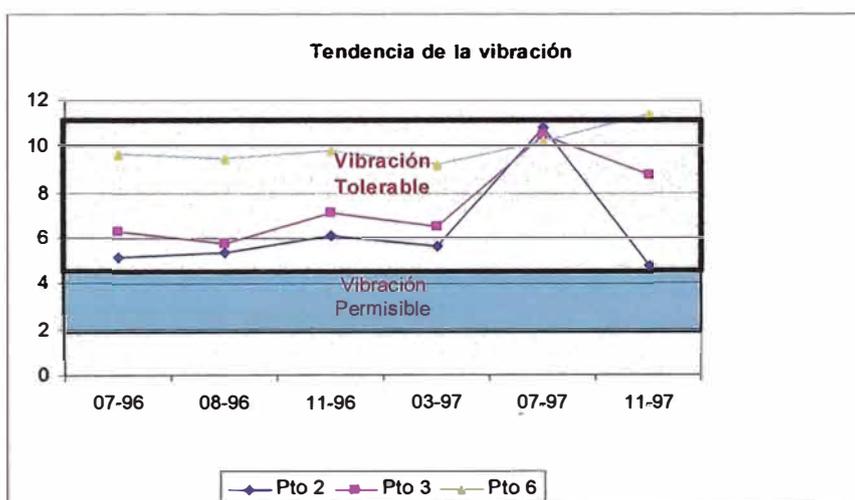


Gráfico 3.4.4

Luego del análisis se determinó que la vibración originada en el reductor cerrado (ver gráfico 3.4.3) como consecuencia de las picaduras y el originado por la desalineación luego del mantenimiento influyó en la viscosidad (ver gráfico 3.4.4) disminuyendo la película de aceite entre engranes; en el reductor abierto se generó el defecto

como consecuencia de las elevadas cargas de trabajo y la vibración del reductor cerrado.

Como primera medida se procedió a alinear el par motor-reductor; en una posterior intervención (parada programada) se cambió el engranaje de menor diámetro del reductor abierto.

La vibración alta persistió y se incrementó; en una segunda intervención correctiva se abrió el reductor cerrado y se intentó corregir el engrane deficiente jugando con la holgura de los rodamientos Timkem, más esto fue inviable, la holgura necesaria era superior a las dimensiones longitudinales del eje del engranaje. Luego de una segunda intervención el 98 se tomó la decisión de cambiar el reductor cerrado con uno de similares características de otra planta; esta espera duró alrededor más de un año; durante este lapso la vibración afectó al acople disminuyendo su tiempo de vida.

Como especulación y prevención de que no se vuelva a repetir se concluyó que un desalineamiento luego de un mantenimiento realizado al motor eléctrico realizados en alguna fecha posterior al 97 que no se detectó ni se reparó por un período de tiempo prolongado y la elevada contaminación del ambiente de trabajo, fueron los causantes del deterioro del reductor. Los análisis vibracionales realizados en forma periódica ayudaron a detectar posibles fallas de este tipo.

## CAPITULO 4

### INVERSIÓN EN EL MANTENIMIENTO E INDICADORES

La Gerencia de Mantenimiento invirtió un monto total en mantenimiento para toda la planta superior a los 950,000 NS para el año 1999 siendo el promedio anual del año anterior de 1'200,000 NS, parte de ésta inversión se realiza en los motores eléctricos (ver Anexo 03 para la sustentación de costos) y es como sigue:



Gráfico 4.1

Para obtener resultados que impactaron en la gestión de mantenimiento (v. gráfico 4.1) se tomaron medidas para reducir los costos de un año a otro:

### **AÑO 97-98**

- Análisis periódico de aceite (ver anexo 04) y vibracional de los motores y reductores e intervenciones correctivas de acuerdo a recomendaciones; las acciones correctivas ayudaron a reducir el desgaste prematuro en los reductores (análisis de aceite); el análisis vibracional permitió monitorear los equipos ante posibles fallas y la detección temprana de fallos.
- Cambio periódico de los cojinetes de babbit.
- Regulación de los resortes de los portacarbonos para evitar el chisporroteo.
- Fabricación especial de los carbonos de acuerdo al perfil de los anillos colectores.

### **Consumo de aceite lubricante**

	Cambios de aceite		
	1997	1998	1999
Monto (\$)	6300	2988	1872
Volumen (gls)	175	83	52

Tabla 4.1

### Consumo de aceite de los reductores cerrados

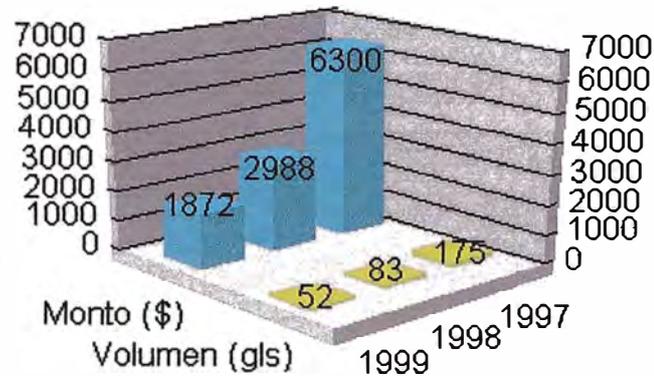


Gráfico 4.2

- Diseño y fabricación de bases para el motor de repuesto adecuado a los diferentes armazones de los motores en servicio para reducir el tiempo de mantenimiento y mejorar la mantenibilidad.
- Para 1998 se incrementó el período de mantenimiento de los motores al presentar menos desgaste de los cojinetes como consecuencia del control de fugas y el sobredimensionamiento del período de mantenimiento.
- Mejor supervisión al personal dedicado a la lubricación elaborando un check list y una ruta del trabajo del lubricador.

**INVERSIONES COMPARATIVAS 97-99**

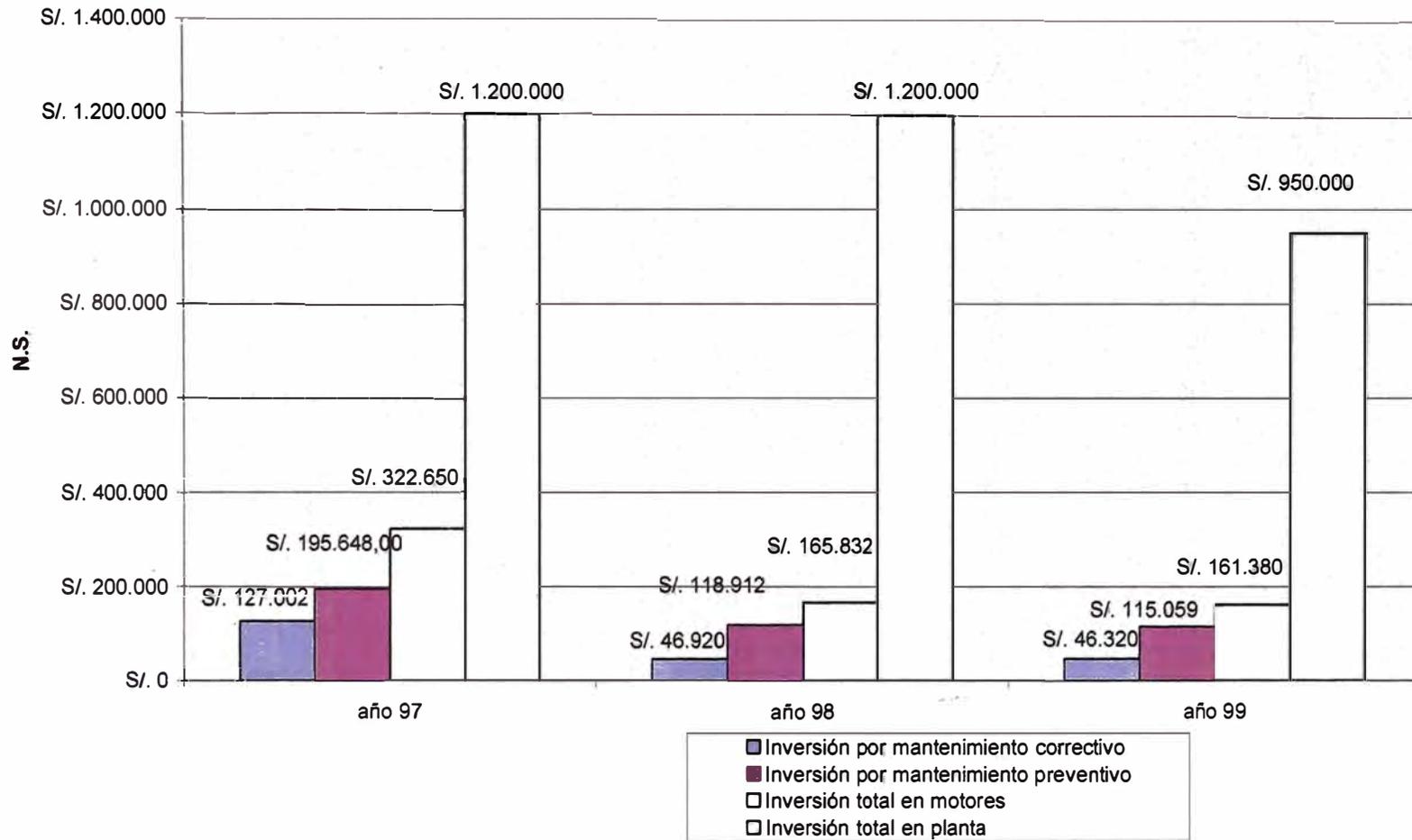


Gráfico 4.3

## AÑO 99

- Reducción de personal en planilla y tercerización de labores de mantenimiento (a comienzos del 99).
- Control de ítems de almacén.
- Disminución de cambios de aceite lubricante de los reductores (v. figura 4.2 y tabla 4.1).

### INVERSION POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO Año 97

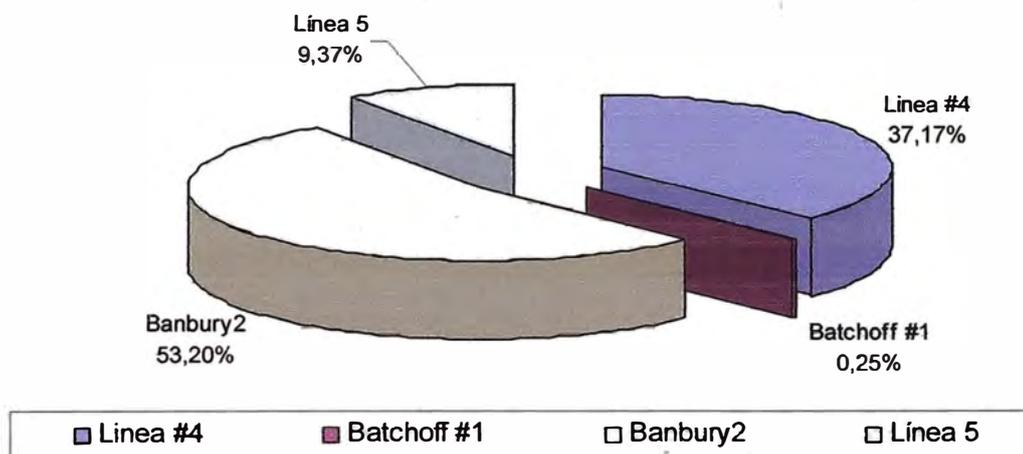


Gráfico 4.4

### INVERSION POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO Año 98

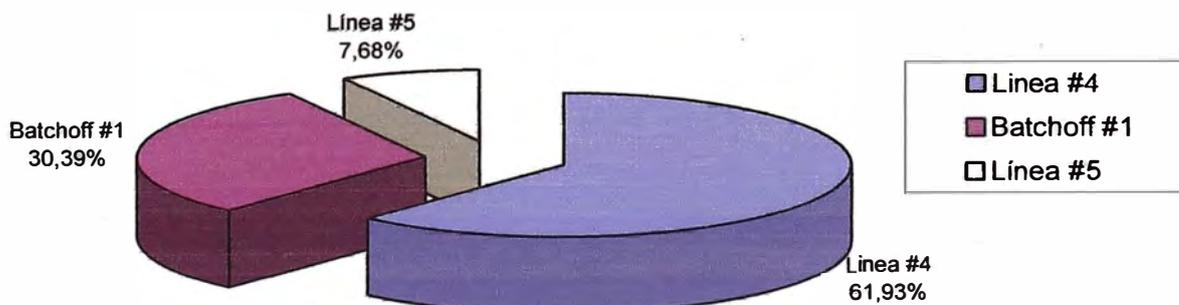


Gráfico 4.5

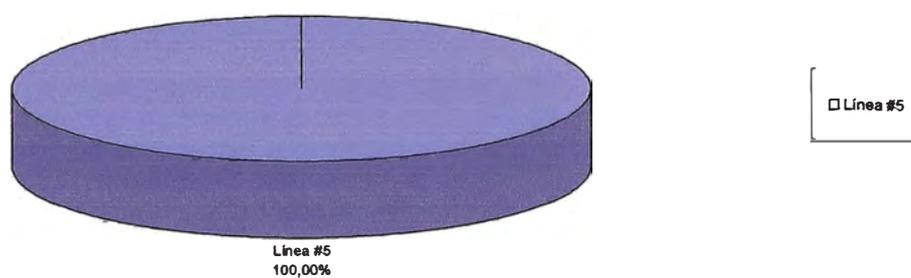
**INVERSION POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO AÑO 99**

Gráfico 4.6

### INVERSIONES COMPARATIVAS EN MOLINOS RESPECTO DE LA INVERSION TOTAL

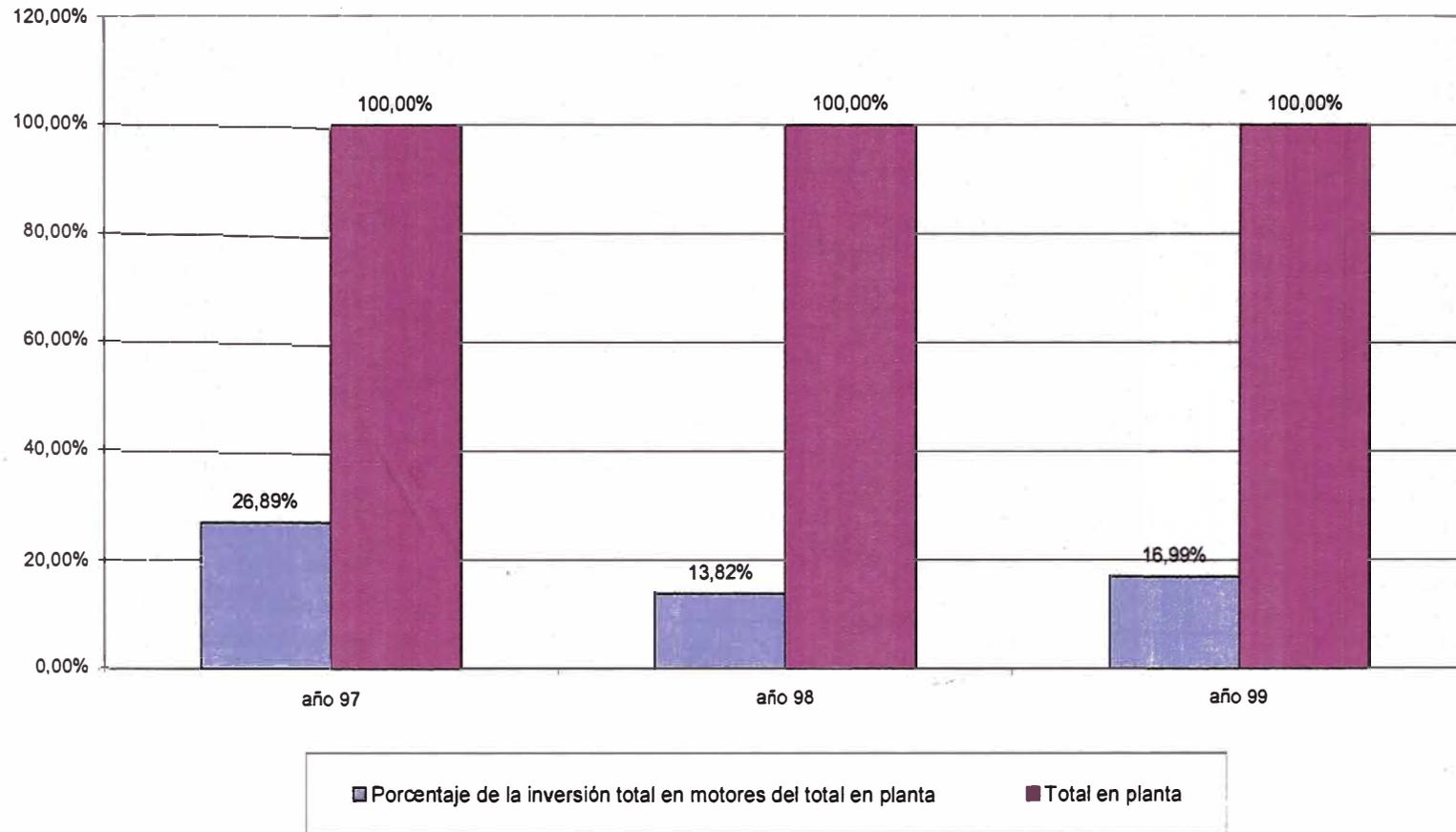


Grafico 4.7

### EFICIENCIA DE LOS MOLINOS EN LA PLANTA Y SU MANTENIMIENTO

Fecha	TIPO DE FALLA	CAUSA	MOTOR	TIEMPO DE PARADA	TIEMPO DE REPARACION	Nº FALLAS
jul-97	Fogoneo (aislamiento bajo)	Error humano	Linea #4	8	72	2
nov-97	Fogoneo (aislamiento bajo)	Error humano		8	72	
nov-97	Recalentamiento de cojinetes de babbit	Cojinete ajustado	Batchoff #1	1	1	1
ene-97	Aislamiento deteriorado	Vejez	Banbury2	144	144	1
may-97	Roce estator/rotor	Cojinete desgastado por vibración excesiva de reductor	Línea #5	8	12	2
may-97	Recalentamiento de cojinetes de babbitt	Cojinete con poca tolerancia		1	1	
jun-98	Fogoneo (aislamiento bajo)	Error humano	Linea #4	8	72	1
abr-98	Roce estator / rotor	Excesiva vibración de reductor	Batchoff #1	12	12	1
nov-98	Deterioro de grilla de acople motor/reductor	Excesiva vibración	Linea #5	2	2	2
dic-98	Recalentamiento de cojinete	Cojinete con poca tolerancia		1	1	
feb-99	Roce rotor/estator	Excesiva vibración de reductor	Línea #5	8	12	2
dic-99	Metalizado de puños de rotor	Desgaste		8	24	

Tabla 4.2

### EFICIENCIA E INDICADORES DE MANTENIMIENTO

	MOLINO	EFFECTIVIDAD	DISPONIBILIDAD	Eficiencia Operativa
<b>año 97</b>	Línea #4	0,942	0,990	0,933
	Batchoff #1	0,966	0,998	0,964
	Banbury2	0,758	0,981	0,744
	Línea #5	0,932	0,998	0,930
<b>año 98</b>	Línea #4	0,942	0,995	0,938
	Batchoff #1	0,966	0,998	0,964
	Línea #5	0,932	0,999	0,931
<b>año 99</b>	Línea #5	0,931	0,997	0,929

Tabla 4.3

Procedimiento de cálculo (ver anexo 03)

### INDICADORES DE GESTION DE LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO

	MOLINO	MTBF (semanas/falla)	FF (Frecuencia de falla)	MTTR (horas/repación)	MTTF (semanas/falla)	IMC	IMP
año 97	Línea #4	23,68	0,04	72,00	23,40	0,22	0,44
	Batchoff #1	47,65	0,02	1,00	47,65	0,13	0,50
	Banbury2	47,65	0,02	144,00	46,80	0,13	0,50
	Línea #5	23,83	0,04	6,50	23,77	0,22	0,44
año 98	Línea #4	47,37	0,02	72,00	47,23	0,13	0,50
	Batchoff #1	47,65	0,02	12,00	47,58	0,13	0,50
	Línea #5	23,83	0,04	1,50	23,81	0,22	0,44
año 99	Línea #5	23,83	0,04	18,00	23,73	0,22	0,44

IMC: Índice de mantenimiento correctivo

IMP: Índice de mantenimiento preventivo

Tabla 4.4

Productividad y competencia son características de los ambientes donde se desempeña Goodyear, las cuáles lo obligan a maximizar sus capacidades productivas y minimizar sus costos operativos. La condición y disponibilidad de sus sistema productivo juega un papel decisivo en el éxito de su negocio.

Para el departamento de Mantenimiento, esto significa una constante búsqueda de nuevas y novedosas formas de incrementar la confiabilidad, disponibilidad y vida útil de los equipos industriales, siempre a través de un control efectivo de costos.

Los Indicadores de mantenimiento y los sistemas de planificación empresarial asociados permiten evaluar el comportamiento operacional de los equipos y de esta manera será posible implementar y proyectar un plan de producción.

La cuestión inmediata ahora es, obviamente, cuáles son las acciones concretas de mantenimiento que soportan el logro de un objetivo de Disponibilidad.

Como ya vimos desde su expresión algebraica, la Disponibilidad depende del MTBF (indica el tiempo que éste permanecerá sin averías) y del MTTR, ó lo que es lo mismo, de la Tasa de fallos y de la Mantenibilidad. aumentar la disponibilidad implica aumentar el MTBF y disminuir el MTTR.

El control de la Tasa de Fallos se logra con un adecuado planteo de planes de mantenimiento preventivo y predictivo (PM/PdM), mientras que el control de Mantenibilidad dependerá del correcto desarrollo de los procedimientos de reparación y estrategias de repuestos.

No debemos olvidar que los indicadores son en su mayoría mediciones de hechos consumados.

**Tasa de Fallos ( $\lambda$ ):** Es una medida histórica (hecho consumado).

**Tiempo Medio de Reparación (MTTR):** Es una medida histórica (hecho consumado).

**Tiempo Medio entre Fallos (MTBF):** Es una medida histórica (hecho consumado).

**Disponibilidad:** relación entre el MTBF y éste más el MTTR.

**Confiabilidad:** Es una predicción estadística (a futuro).

Con todo esto en consideración, va resultando más claro que el plan de mantenimiento pensado en base a los fallos que se quieren manejar, con acciones específicas y frecuencias adecuadas, permitirá tomar control sobre la **Tasa de fallos**, en términos de anticipación y prevención de la ocurrencia de la pérdida de una determinada función.

Por supuesto, para que cualquier acción preventiva sea ejecutable sin afectar la función que se quiere conservar, la arquitectura constructiva del sistema

que provee la función deberá ser adecuada. Donde no lo fuere y se lo encuentre costo-efectivamente conveniente, hay una oportunidad de mejora que deberá ser evaluada en función de su relación costo-beneficio.

Un planteo integral no sólo permite dimensionar consistentemente el presupuesto económico de mantenimiento, sino que además le da un cuerpo estructurado, hilvanado y sólido a las estrategias de mantenimiento, en base a los requerimientos productivos del área de producción.

Goodyear usa los indicadores como medida de eficiencia y efectividad de la gestión del mantenimiento; además como datos de ayuda para la proyección de la producción.

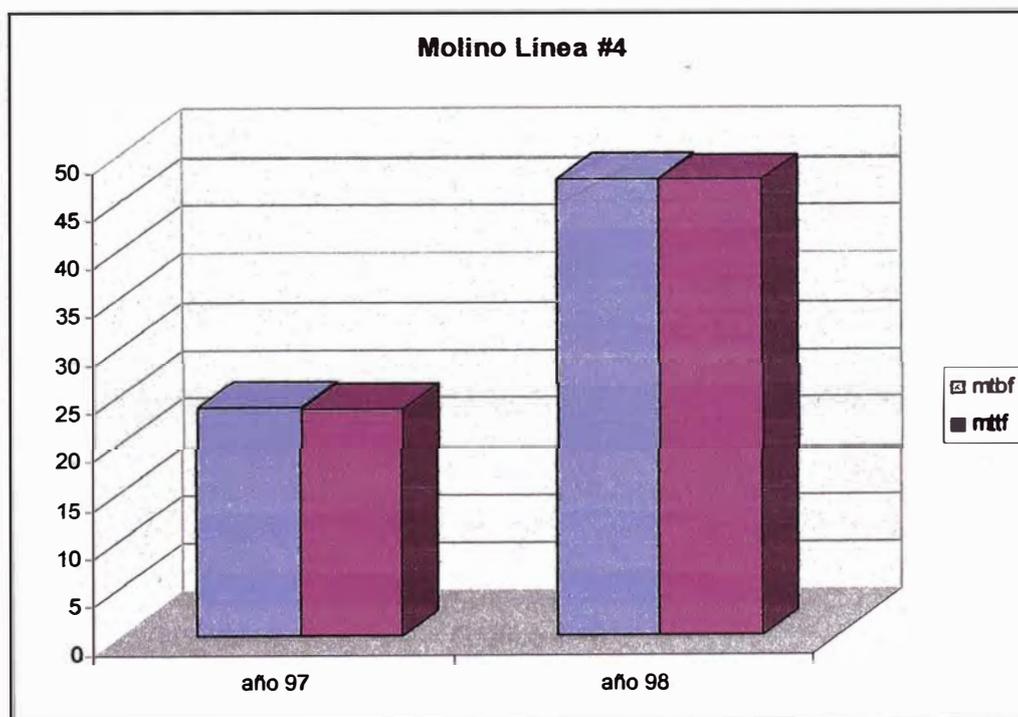


Gráfico 4.8

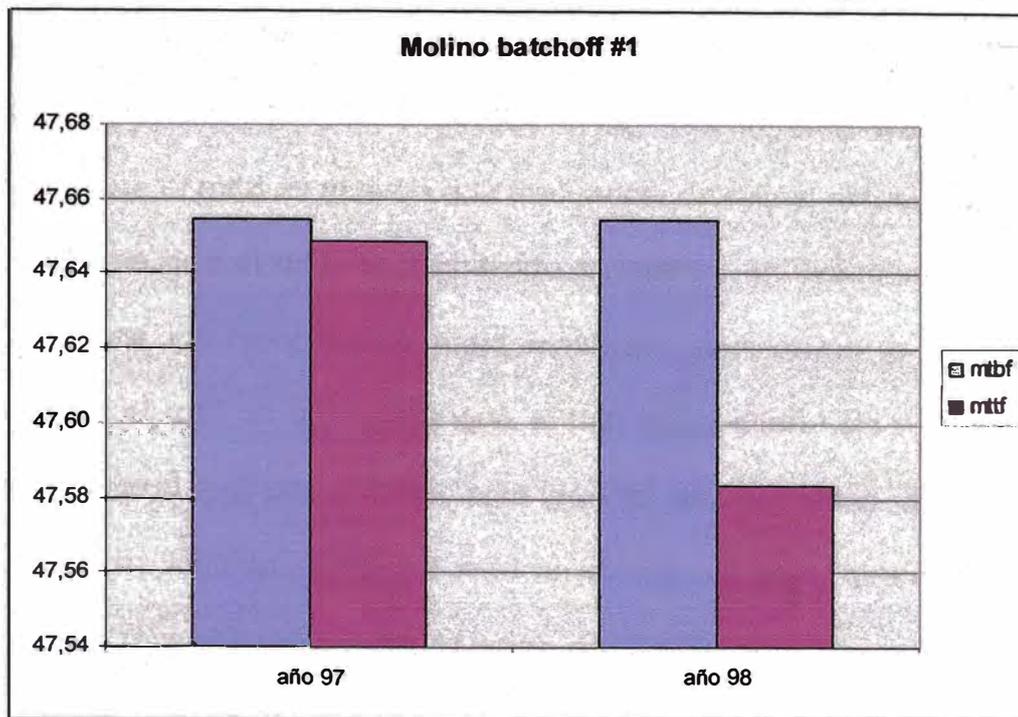


Grafico 4.9

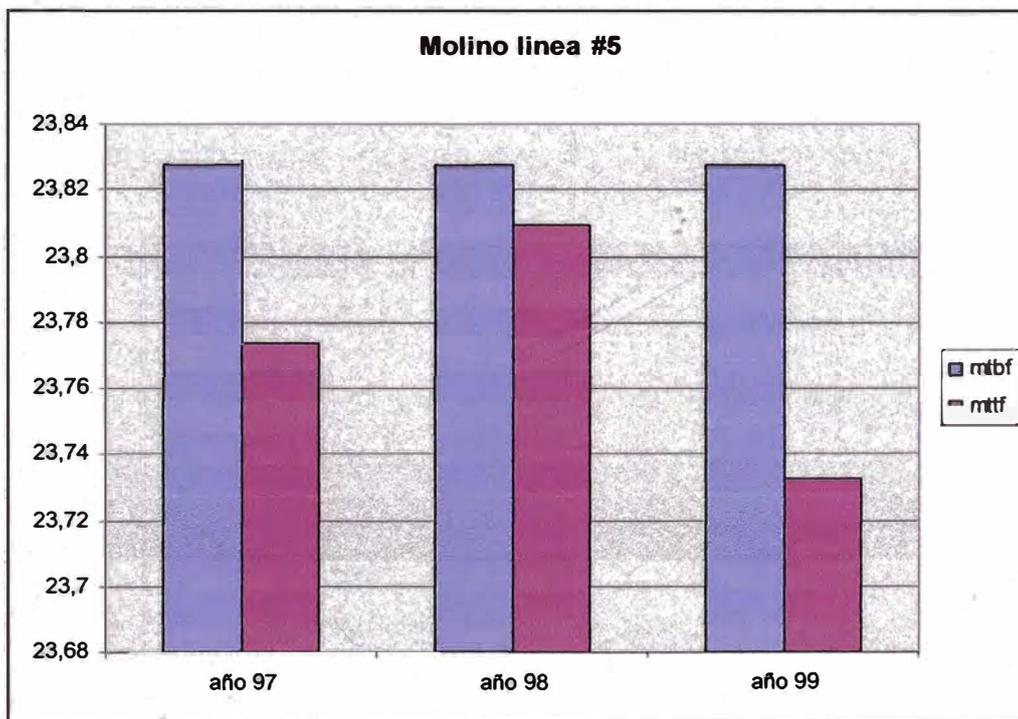


Gráfico 4.10

Analizando los gráficos 4.8, 4.9 y 4.10 observamos que en el primero el mtbf aumentó lo cual es bueno porque indica una mejora debemos tener en cuenta que el mtbf es inverso a la frecuencia de fallas; respecto al gráfico 4.9 se observa que el mttf ha disminuido lo cual es un indicador que ha tenido una mayor intervención de mantenimientos correctivos lo cual ha hecho disminuir el mttf no olvidemos que el mttf es la diferencia entre el mttr del mtbf; para el gráfico 4.10 se nota que la disponibilidad de un motor de repuesto ha influido en que el mtbf no disminuya más, además que se han realizado mayor cantidad de trabajos de mantenimiento correctivos para el 99, si bien el 98 hubo una ligera elevación.

## CONCLUSIONES

1. La organización e implementación de un programa de análisis de aceite lubricante, basado en el control de los índices de contaminantes y de la variación de las características físico-químicas (viscosidad, oxidación y contaminación; ver **anexo 05**), es una herramienta imprescindible que permite conocer el estado técnico del equipo como del lubricante, controlar la proporción del desgaste de un componente determinado identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste, además del ambiente en el que trabaja la máquina.
2. El resultado del análisis de aceite representa indirectamente la condición del reductor en el momento de la toma de la muestra; llevado a un control estadístico de tendencias de las características físico-químicas y de la concentración de metales del aceite lubricante (ver **3.4.- Análisis técnico de reductor crítico**), permite la detección temprana de niveles de contaminación; determinando el periodo de rellenado o reemplazo del aceite lubricante en el reductor (ver **anexo 05**), y permitiendo efectuar un mantenimiento programado planificando el presupuesto de mantenimiento y logrando mejores resultados de operación; una de las desventajas es el período de tiempo transcurrido

entre la toma de la muestra y la obtención de los resultados; el tiempo transcurrido es crucial en la salud del equipo.

3. En el caso particular analizado con el método estadístico de análisis de aceite lubricante permitió controlar el nivel de vibración, desgaste y contaminación del aceite lubricante hasta el posterior reemplazo del reductor.
4. Niveles de desgaste severo son detectables a tiempo mediante el monitoreo de variables relevantes como aceite y vibracional (ver **3.4.- Análisis técnico de reductor crítico**).
5. La combinación de estas técnicas tales como aceite-vibración constituye las herramientas del mantenimiento moderno, datos de resultados
6. La utilización de las técnicas de análisis de aceite y vibracional además de un control de la contaminación; permitieron corregir problemas a nivel incipiente atacando el problema en su génesis, reduciendo considerablemente los daños que de otra manera serían difíciles de evitar; hacemos referencia en el anexo 05 en la parte final donde se presentan los reportes de los resultados obtenidos se pueden observar contaminación con agua e indicadores de la salud del lubricante que no se podrían haber detectado hasta que halla fallado el componente; el análisis vibracional se usó para determinar vibraciones anormales durante la operación y después de cada mantenimiento (ver **3.4.- Análisis técnico de reductor crítico**).

7. Es difícil evaluar el beneficio económico de la implantación de sistemas de mantenimiento predictivo y plasmarlo con cifras concretas, ya que ello es motivo de un estudio exhaustivo por parte de la ingeniería de mantenimiento, que requiere un tiempo del que normalmente no se dispone. El indicador más extendido es el *retorno de la inversión* (ROI), que es una razón que relaciona el ingreso generado por un centro de inversión a los recursos (o base de activos) usados para generar ese ingreso:  $ROI = \text{Ingreso (ahorro)} / \text{Inversión}$ . En el sector de manufactura se suele valorar en torno a 7 el ROI de la implantación de estos sistemas, aunque como ya hemos comentado es difícilmente valorable los ahorros en mano de obra, en repuestos, en incremento de seguridad, aumento de vida de las máquinas, etc. El servicio de análisis vibracional y de aceite lubricante forma parte del incentivo que otorga la CIA. Mobil a Goodyear como cliente de sus productos. En otras palabras la inversión realizada es casi nula por lo que el ROI se convierte en un valor superior al mínimo recomendado.[13],[14].
8. La lubricación es una actividad de alto valor y graves consecuencias en caso de no ser aplicada adecuadamente. Estudios desarrollados en diferentes partes del mundo y avalados por la STLE (Asociación de Tribólogos e Ingenieros en Lubricación por sus siglas en inglés), establecen que más del 50% del desgaste de rodamientos (baleros y chumaceras) son causados por una lubricación deficiente, el 80% del desgaste es causado por la contaminación de los lubricantes y que el

30% de los lubricantes son cambiados cuando aún pueden seguir trabajando. Estos estudios muestran también que los tipos de fallas que ocurren en el departamento de mantenimiento sobre las cuáles se tiene muy poco o nada de control son:

- Pobres prácticas de lubricación
- Reparaciones defectuosas
- Tiempo de respuesta lento
- Falta de entrenamiento
- Programa de mantenimiento preventivo poco eficiente e aplicado
- Inadecuado mantenimiento de rutina.

## BIBLIOGRAFÍA

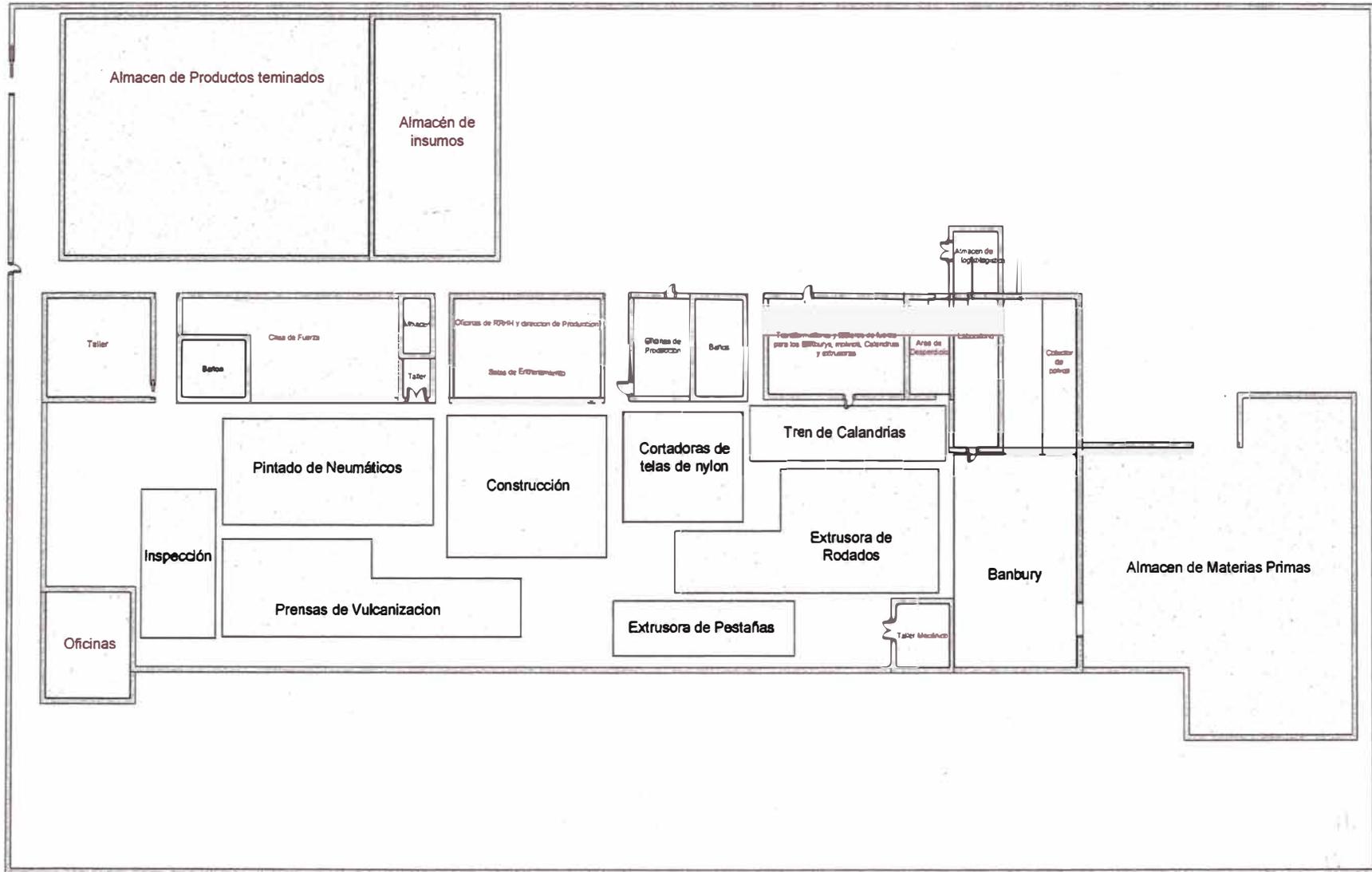
1. M. Hodowanec, D. M. Bezesky. " Field motor testing: limiting risk" IEEE Industry Applications Magazine May/June (1999).
2. V. Warren , G.Stone. "Recent developments in diagnostic testing of stator windings". IEEE Electrical Insulation Magazine. Vol.14 N°5 Sept/Oct. (1998).
3. Rosaler, Robert C. Manual del Ingeniero de Planta. Mac-Graw-Hill/Interamericana de Editores, S.A. de C.V. (2002).
4. Cabello, J. Propuesta doctrinal para la elección de un programa de mantenimiento. Tesis doctoral, Universidad de Málaga (2002).
5. Montoro, Lino. Contribución al desarrollo y mejora de técnicas para la detección y análisis de partículas metálicas y contaminantes en aceites lubricantes usados. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia (2005)
6. Luis Cuatrecasas. Total Productive Maintenance
7. Gómez L., Sandra L.; González J., B.; Rodríguez B., R. Identificación del análisis de aceites lubricantes como elemento del mantenimiento predictivo. Scientia et technica N° 21, (julio 2003).
8. Berry, J. Good. Vibes about Oil Analysis. *Practicing Oil Analysis Magazine* Nov-Dec.(1999).

9. Ademinsac. Manual de análisis vibracional.
10. Mosquera, Genaro. Estimación de parámetros de confiabilidad y mantenibilidad en sistemas industriales. Centro de altos estudios gerenciales ISID, Venezuela (2000).
11. Rojas, Manuel. Mantenimiento proactivo en base al análisis de aceite lubricante. URUMAN 2004, Uruguay.(2004).
12. Armas, Raul; Piedra, Margarita. Las vibraciones mecánicas y su aplicación al mantenimiento predictivo. Centro de altos estudios gerenciales ISID, Venezuela (2001).
13. Antonio Ordóñez Guerrero. Mantenimiento predictivo de bombas. Universidad de Sevilla; Escuela Universitaria Politécnica. Pág. 3.
14. Antonio Ordóñez Guerrero. Introducción al mantenimiento predictivo. Universidad de Sevilla; Escuela Universitaria Politécnica. Pág. 11.

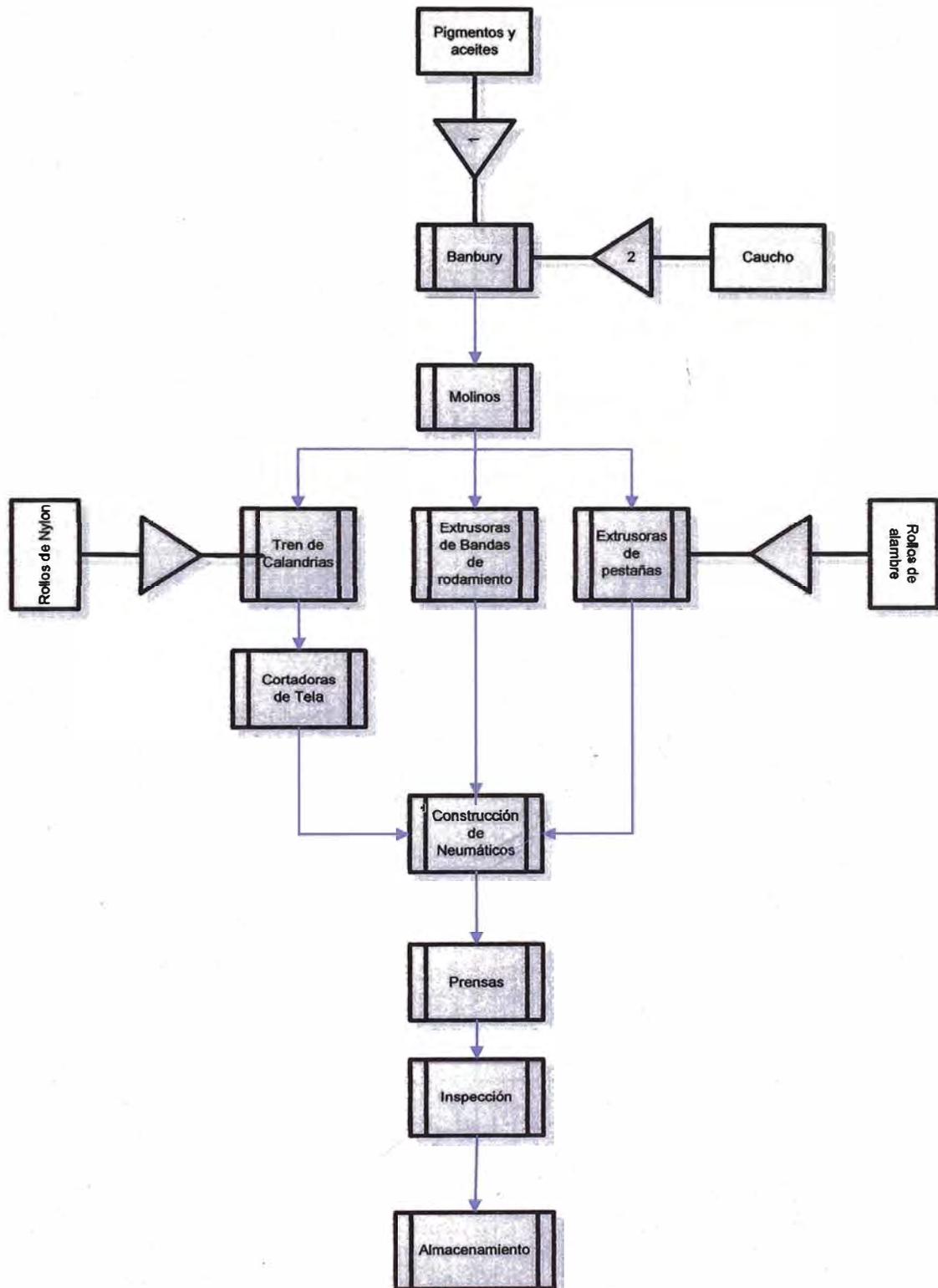
## **APENDICE**

- Anexo.01. Lay out de planta y diagrama de operaciones**
- Anexo.02. Programa de mantenimiento y hojas de reporte de trabajos de mantenimiento de motores**
- Anexo.03. Costos de las labores de mantenimiento**
- Anexo.04. Tabla de tiempos promedio y procedimientos de cálculo de indicadores**
- Anexo.05. Hojas de resultados y recomendaciones de análisis de aceites lubricantes de reductores**

### ANEXO 01- LAY OUT DE PLANTA



## DIAGRAMA DE OPERACIONES





## HOJA REPORTE DE INSPECCIÓN DE MOTORES

### REPORTE DE INSPECCION DE MOTORES ELECTRICOS DE ROTOR BOBINADO

EQUIPO: \_\_\_\_\_ CODIGO: \_\_\_\_\_  
 FECHA DE EJECUCION: \_\_\_\_\_ FECHA DE ULTIMO: \_\_\_\_\_  
 SEMANA: \_\_\_\_\_ TIPO DE SERVICIO: \_\_\_\_\_  
 O.T. #: \_\_\_\_\_

**PRUEBA DE AISLAMIENTO**

	1 minuto	10 minutos	
ROTOR:			MΩ
ESTATOR:			MΩ

**MANTENIMIENTO DE ACOPLAMIENTO DESPUES DEL SERVICIO**

	BIEN	MAL
ESTADOS DE TAPAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESTADO DE GRILLAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESTADO DE CUBOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESTADO DE EMPAQUETADURAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LLENADO DE GRASA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**CHEQUEO DE ALINEAMIENTO**

	SI	NO
REQUIERE ALINEAMIENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CORRECCION DE ALINEAMIENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REAJUSTE DE PERNOS BASE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**CAMBIO DE LUBRICANTE A CHUMACERAS**

CHUMACERA LADO ACOUPLE	<input type="checkbox"/>	
VISOR DEL NIVEL LADO ACOUPLE	<input type="checkbox"/>	
CHUMACERA LADO NO ACOUPLE	<input type="checkbox"/>	
VISOR DEL NIVEL LADO ACOUPLE	<input type="checkbox"/>	

(Reajuste de tuberías y reparación de fugas)

**MANTENIMIENTO DE ESCOBILLAS**

ASENTADO DE CARBONES	<input type="checkbox"/>	
CAMBIO DE CARBONES	<input type="checkbox"/>	CANTIDAD: <input style="width: 50px;" type="text"/>
ESTADO DE PORTACARBONES	<input type="checkbox"/>	BIEN <input type="checkbox"/> MAL <input type="checkbox"/>
ESTADO DE ANILLOS COLECTORES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**MANTENIMIENTO DE INTERRUPTOR DE ARRANQUE**

	SI	NO
LIMPIEZA MECANICA DE TABLERO ELECTRICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ASENTADO DE CONTACTOS ELECTRICOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAMBIO DE CONTACTOS ELECTRICOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REAJUSTADO DE TERMINALES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	SI	NO
PRUEBA DEL EQUIPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**COMENTARIOS:**

---



---



---



---

## HOJA DE REPORTE DE MANTENIMIENTO DE MOTORES -1

### REPORTE DE MANTENIMIENTO DE MOTORES ELECTRICOS DE ROTOR BOBINADO

EQUIPO: _____	CODIGO: _____
FECHA DE EJECUCION: _____	FECHA DE ULTIMO SERVICIO: _____
SEMANA: _____	TIPO DE SERVICIO: _____
O.T. #: _____	

**PRUEBA DE AISLAMIENTO**

ANTES DE MANTENIMIENTO	DESPUES DE MANTENIMIENTO		
ROTOR: <input style="width: 100px;" type="text"/> MΩ	ROTOR: <table style="display: inline-table; border: none;"><tr><td style="border: 1px solid black; width: 50px; text-align: center;">1 minuto</td><td style="border: 1px solid black; width: 50px; text-align: center;">10 minutos</td></tr></table> MΩ	1 minuto	10 minutos
1 minuto	10 minutos		
ESTATOR: <input style="width: 100px;" type="text"/> MΩ	ESTATOR: <table style="display: inline-table; border: none;"><tr><td style="border: 1px solid black; width: 50px;"></td><td style="border: 1px solid black; width: 50px;"></td></tr></table> MΩ		

**INSPECCION Y MEDICION DE EJES Y COJINETES**

	MEDIDA FINAL (pulgadas)	DESGASTE UNIFORME	RAYADURAS ARRASTRE	REQUIERE RECTIFICADO
PUÑO LADO ACOUPLE	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 130px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>
PUÑO LADO NO ACOUPLE	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 130px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>

	MEDIDA FINAL	CODIGO	SE CAMBIO	SE RASQUETEO	ANILLOS DE LUBRICACION
					BIEN    MAL
COJINETE LADO ACOUPLE	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 130px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/> <input style="width: 40px;" type="text"/>
COJINETE LADO NO ACOUPLE	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 130px;" type="text"/>	<input style="width: 40px;" type="text"/> <input style="width: 40px;" type="text"/>

**TOLERANCIA FINAL (pulgadas)**

LUZ LADO ACOUPLE

LUZ LADO NO ACOUPLE

**DIAMETRO DE ANILLOS ROSANTES (pulgadas)**

<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>	<input style="width: 80px;" type="text"/>
FRONTAL	MEDIO	POSTERIOR

## HOJA DE REPORTE DE MANTENIMIENTO DE MOTORES -2

### TOLERANCIA MAXIMA PARA CAMBIO DE BOCINAS (pulgadas)

MOTOR LINEA #4 (310-01-01-MOT-00) : 0,026"

MOTOR LINEA #5 (310-01-02-MOT-00) : 0,026"

MOTOR LINEA #6 (310-01-03-MOT-00) : 0,030"

MOTOR Banbury #1 (320-01-01-MOT-00) : 0,020"

MOTOR Banbury #2 (320-02-01-MOT-00) : 0,026"

MOTOR BATCH OFF #1 (310-01-04-MOT-00) : 0,026"

MOTOR BATCH OFF #2 (310-01-05-MOT00) : 0,026"

MOTOR REPUESTO : 0,025"

NOTA: REEMPLAZAR LOS RETENES, ANILLOS, SELLOS, EMPAQUES, VISORES Y O'RINGS DETERIORADOS

### MANTENIMIENTO DE ROTOR

	SI	NO	OTROS:
LAVADO (SS25)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
ESTUFADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
BARNIZADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
REVISION DE TERMINALES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

### MANTENIMIENTO DE ESTATOR

	SI	NO	OTROS:
LAVADO (SS25)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
ESTUFADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
BARNIZADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
REVISION DE TERMINALES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

### MANTENIMIENTO DE ESCOBILLAS

ASENTAMIENTO DE CARBONES <input type="checkbox"/>	CARBONES: PC 10-528
CAMBIO DE CARBONES <input type="checkbox"/>	CANTIDAD <input type="checkbox"/>
ESTADO DE PORTACARBONES <input type="checkbox"/>	BIEN <input type="checkbox"/> MAL <input type="checkbox"/>

### ACOPLAMIENTO

ESTADO DE ACOPLA <input type="checkbox"/>	BIEN <input type="checkbox"/> MAL <input type="checkbox"/>
---	--

### ALINEAMIENTO

DESVIACION FINAL
RADIAL <input type="checkbox"/>
ANGULAR <input type="checkbox"/>

### HOJA DE REPORTE DE MANTENIMIENTO DE MOTORES -3

LUBRICACION

ACOPLAMIENTO

COJINETE LADO ACOPLADO

COJINETE LADO NO ACOPLADO

PRUEBA DEL EQUIPO

PARADA DE EMERGENCIA  BIEN  MAL

TEMPERATURA DE BOCINAS  NORMAL  EXCESIVO

COMENTARIOS:

---

---

---

---

---

EFECTUADO POR:

---

---

---

---

---

---

## ANEXO 03

### INVERSION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN MOLINOS (1997)

Mantenimiento preventivo (realizado en la misma compañía)  
tiempo empleado 16 Hrs  
Cambio de cojinete y limpieza de motor con solvente dieléctrico

**Personal**

Cantidad	Tipo de contrato	especialidad	coste por unidad/hr	subtotal
2	Goodyear	mecánico	S/. 17,50	S/. 420,00
4	contratista	mecánico	S/. 3,60	S/. 172,80
2	Goodyear	electricista	S/. 19,00	S/. 608,00
2	contratista	electricista	S/. 3,75	S/. 120,00
<b>subtotal :</b>				<b>S/. 1.320,80</b>

**Consumibles y repuestos**

	cantidad (promedio)	coste
resortes y carbones	4 piezas	S/. 150,00
abrasivos	5 hojas	S/. 10,00
trapos	10 kg	S/. 35,00
solvente dieléctrico	5 gls	S/. 55,00
cinta aislante	10 piezas	S/. 120,00
aceite lubricante	1 gl	S/. 36,00
retenes de aceite	2 piezas	S/. 130,00
cojinetes rebabitados	2 piezas	S/. 5.340,00
<b>subtotal :</b>		<b>S/. 5.876,00</b>

INVERSION EN MANTENIMIENTO DE UN MOTOR		
<b>INVERSION DIRECTA</b>	Mano de obra	S/. 1.320,80
	Materiales e insumos	S/. 5.876,00
<b>INVERSION INDIRECTA</b>	Supervisión	S/. 300,00
	Transporte	S/. 350,00
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 7.846,80</b>

Inspección preventiva  
tiempo empleado 2 hrs

**Personal**

Cantidad	Tipo de contrato	especialidad	coste por unidad/hr	subtotal
1	Goodyear	electricista	S/. 12,00	S/. 24,00
1	contratista	electricista	S/. 3,60	S/. 7,20
<b>subtotal :</b>				<b>S/. 31,20</b>

**Consumibles y repuestos**

	cantidad (promedio)	coste
resortes y carbones	4 piezas	S/. 150,00
abrasivos	5 pliegos	S/. 10,00
trapos	4 kg	S/. 14,00
<b>sub total:</b>		<b>S/. 174,00</b>

INVERSION EN INSPECCION DE UN MOTOR		
<b>INVERSION DIRECTA</b>	Mano de obra	S/. 31,20
	Materiales e insumos	S/. 174,00
<b>INVERSION INDIRECTA</b>	Supervisión	S/. 100,00
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 305,20</b>

INVERSION TOTAL (por motor) S/. 8.152,00

Inversión anual (24 intervenciones de mantenimiento) S/. 195.648,00

Inversión anual de mantenimiento en toda la planta : S/. 1.200.000,00

% de inversión en motores respecto a la planta : 16,30%

**INVERSION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN MOLINOS (1998-1999)**

**Mantenimiento preventivo (realizado por compañía contratista)**

tiempo empleado 16 Hrs

Cambio de cojinete y limpieza de motor con solvente dieléctrico y barnizado

**Personal**

Cantidad	Tipo de contrato	especialidad	coste por unidad/hr	subtotal
1	Goodyear	mecánico	S/. 17,50	S/. 105,00
5	contratista	mecánico	S/. 3,60	S/. 108,00
2	contratista	electricista	S/. 3,75	S/. 30,00
<b>subtotal :</b>				<b>S/. 243,00</b>

**Consumibles y repuestos**

	cantidad (promedio)	coste
trapos	5 kg	S/. 17,00
cinta aislante	5 piezas	S/. 60,00
aceite lubricante	1 gl	S/. 36,00
trabajos en cia. Contratista	2 cojinetes (fabricación) transporte al taller contratista, limpieza de estator y rotor	S/. 6.500,00
retenes de aceite	2 piezas	S/. 130,00
<b>sub total:</b>		<b>S/. 6.743,00</b>
<b>Inversión total:</b>		<b>S/. 6.986,00</b>

<b>INVERSION EN MANTENIMIENTO DE UN MOTOR</b>	
<b><u>INVERSION DIRECTA</u></b>	
Mano de obra	S/. 243,00
Materiales e insumos	S/. 6.986,00
<b><u>INVERSION INDIRECTA</u></b>	
Supervisión	<u>S/. 300,00</u>
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 7.529,00</b>

**Inspección Preventiva**  
tiempo empleado 2 hrs

**Personal**

Cantidad	Tipo de contrato	especialidad	coste por unidad/hr	subtotal
1	Goodyear	electricista	S/. 12,00	S/. 24,00
1	contratista	electricista	S/. 3,60	S/. 7,20
<b>subtotal :</b>				<b>S/. 31,20</b>

**Consumibles y repuestos**

	cantidad (promedio)	coste
resortes y carbones	4 piezas	S/. 150,00
abrasivos	5 pliegos	S/. 10,00
trapos	4 kg	S/. 14,00
<b>sub total:</b>		<b>S/. 174,00</b>

<b>INVERSION EN INSPECCION DE UN MOTOR</b>	
<b><u>INVERSION DIRECTA</u></b>	
Mano de obra	S/. 31,20
Materiales e insumos	S/. 174,00
<b><u>INVERSION INDIRECTA</u></b>	
Supervisión	<u>S/. 100,00</u>
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 305,20</b>

**INVERSION TOTAL (por motor) S/. 7.834,20**

**Inversión anual (16 intervenciones de mantenimiento) S/. 125.347,20**

**Inversión anual de mantenimiento en toda la planta : S/. 1.200.000,00**

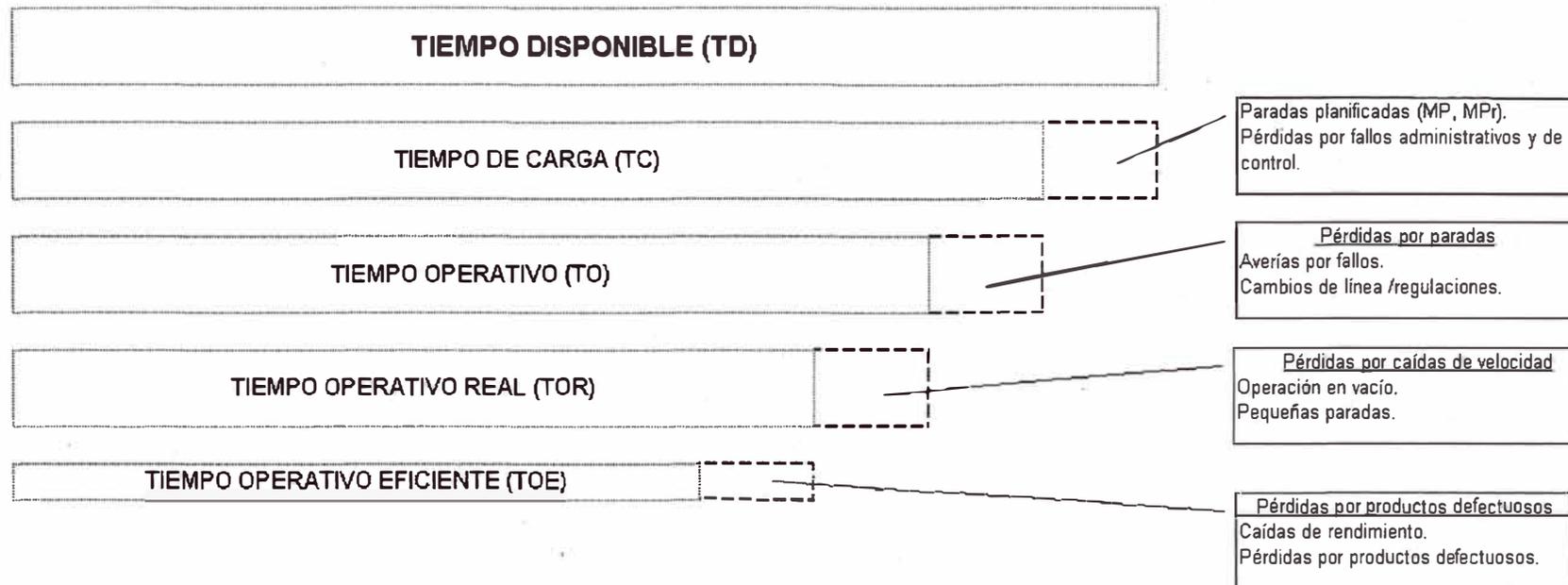
**% de Inversión en motores respecto a la planta : 10,45%**

## COSTOS DE FALLAS IMPREVISTAS

COSTO	AÑO	TIPO DE FALLA	CAUSA	MOTOR	TIEMPO DE PARADA	TIEMPO DE REPARACION
S/. 18.340	97	Fogoneo (aislamiento bajo)	Error humano	Línea #4	8 hrs.	72 hrs.
S/. 18.340	97	Fogoneo (aislamiento bajo)	Error humano	Línea #4	8 hrs.	72 hrs.
S/. 36.680				Línea #4		
S/. 250	97	Recalentamiento de cojinetes de	Cojinete ajustado	Batchoff #1	1 hr.	1 hr.
S/. 52.500	97	Aislamiento deteriorado	Vejez	Banbury2	144 hrs.	144 hrs.
S/. 9.250				Línea 5		
S/. 9.000	97	Roce estator/rotor	Cojinete desgastado por vibración	Línea 5	8 hrs.	12 hrs.
S/. 250	97	Recalentamiento de cojinetes de babbitt	Cojinete ajustado	Línea 5	1 hr	1 hr.
<b>S/. 144.610    año 97</b>						
S/. 18.340	98	Fogoneo (aislamiento bajo)	Error humano	Línea #4	8 hrs.	72 hrs.
S/. 9.000	98	Roce estator / rotor	Excesiva vibración de reductor	Batchoff #1	12 hrs.	12 hrs.
S/. 2.275				Línea #5		
S/. 525	98	Deterioro de grilla de acople motor/reductor	Excesiva vibración	Línea #5	2 hrs.	2 hrs.
S/. 1.750	98	Recalentamiento de cojinete	Cojinete ajustado	Línea #5	1 hr.	1 hr.
<b>S/. 31.890    año 98</b>						
S/. 8.750	99	Metalizado de puños de rotor	Desgaste	Línea #5	8 hrs	24 hrs.
S/. 9.000	99	Roce rotor/estator	Excesiva vibración de reductor	Línea #5	8 hrs.	12 hrs.
<b>S/. 17.750    año 99</b>						

## ANEXO 04

## TIEMPOS QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO



### TABLA DE TIEMPOS PROMEDIO (Hrs)

Fecha	MOTOR	TD	mp	fa y c	TC	TO	ov y pp	TOR
jul-97	Linea #4	2920,00	24,00	243,33	2652,67	2626,67	152,08	2474,58
nov-97								
nov-97	Batchoff #1	8760,00	24,00	730,00	8006,00	7989,00	273,75	7715,25
ene-97	Banbury2	8760,00	24,00	730,00	8006,00	7850,00	273,75	7576,25
may-97	Linea #5	8760,00	24,00	730,00	8006,00	7993,00	547,50	7445,50
may-97								
jun-98	Linea #4	2920,00	24,00	243,33	2652,67	2640,67	152,08	2488,58
abr-98	Batchoff #1	8760,00	24,00	730,00	8006,00	7988,00	273,75	7714,25
nov-98	Linea #5	8760,00	24,00	730,00	8006,00	7998,00	547,50	7450,50
dic-98								
feb-99	Linea #5	8760,00	24,00	730,00	8006,00	7982,00	547,50	7434,50
dic-99								

Mp: mantenimiento preventivo

Fa y c: fallos administrativos

Ov y pp: operación en vacío y pequeñas paradas

**Eficiencia Operativa:**

$$\text{EFECTIVIDAD} = \frac{\text{TIEMPO\_CICLO\_IDEAL } TOR}{\text{TIEMPO\_CICLO\_REAL } TO}$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{TO}{TC}$$

$$\text{EFICIENCIA OPERATIVA} = \text{EFECTIVIDAD} \times \text{DISPONIBILIDAD}$$

**Ratios y Frecuencia de Fallas (FF):**

$$\text{MTBF} := \frac{TC}{\text{número\_averías}}$$

$$\text{MTTR} := \frac{\text{TIEMPO\_TOTAL\_REPARACIONES}}{\text{número\_averías}}$$

$$\text{MTTF} := \text{MTBF} - \text{MTTR}$$

$$\text{FF} := \frac{1}{\text{MTBF}}$$

**Índice de Mantenimiento Correctivo:**

$$\text{IMC} := \frac{\text{Número\_actividades\_MC}}{\text{Número\_actividades (MC + MP + Mpr + Mpd)}}$$

**Índice de Mantenimiento Preventivo:**

$$\text{IMP} := \frac{\text{Número\_actividades\_MP}}{\text{Número\_actividades (MC + MP + Mpr + Mpd)}}$$

## ANEXO 05

**EM/PA**  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS A TRAVES DE ANALISIS PROGRESIVOS

**RESULTADOS ANALISIS**

No. FILE :	EQUIPO :	BANBURY #1
No. ENVIO: 2/97	MARCA Y MOD.: LUFKIN D912	
CLIENTE : CIA. GOBIERNO DEL PERU S.A.	‡ EQUIPO : 3200101	
DIRECCION: AV. ARGENTINA 6037, CALLAO	COMPONENTE : REDUCTOR	
CIUDAD : CALLAO	MARCA Y MOD.: LUFKIN D912	
	‡ COMPONENTE:	
	CAP. CARTER : 130.0 Gls.	
	COMBUSTIBLE :	

No. ANALISIS EM/PA	ULTIMO	2	3
LUBRICANTE	Mobilgear 68	Mobilgear 68	Mobilgear 68
No. LAB.	3059/97	1684/97	604/97
FECHA	REPORTE :	12/09/97	07/25/97
MM/DD/AA	RECIBO :	11/25/97	07/24/97
	MUESTREO :	/ /	07/15/97
MOTOR (Kms/Hrs)			
ACEITE (Kms/Hrs)			
RELLENOS (Gls.)			

	RESULTADOS ANALISIS	ACEITE
VISCOSIDAD, Cst @ 40C	298.3	+265.8
VISCOSIDAD, Cst @ 100C		283.8
AGUA, % Volumen	0.0	0.0
OXIDACION, A/Cm.		0.0
INSOLUBLES .5 μ	0.10	0.08

	RESULTADOS ANALISIS DE METALES (PPM)
SILICE	+25
HIERRO	67
COBRE	23

CODIGOS  
DE ACCION

RESULTADO GLOBAL	0	1	0

NOTA: FOSFORO, %wt: 0.028

**EM/PA**  
**MANTENIMIENTO DE EQUIPOS A TRAVES DE ANALISIS PROGRESIVOS**

**RESULTADOS ANALISIS**

<b>No. FILE :</b>	<b>ZQUIPO :</b> MOLINO BANBURY #2
<b>No. ENVIO:</b> 2/97	<b>MARCA Y MOD.:</b> JAHNEL GETRIEBE
<b>CLIENTE :</b> CEM. COCONAR DEL PERU S.A.	<b># EQUIPO :</b> 3100105
<b>DIRECCION:</b> AV. ARGENTINA 4037, CALLAO	<b>COMPONENTE :</b> REDUCTOR
<b>CIUDAD :</b> CALLAO	<b>MARCA Y MOD.:</b> JAHNEL GETRIEBE G57
	<b># COMPONENTE:</b>
	<b>CAP. CARTER :</b> 90.0 Gls.
	<b>COMBUSTIBLE :</b>

No. ANALISIS EMPA	ULTIMO	2	3	
LUBRICANTE	MOBILGAR 68	MOBILGAR 68	MOBILGAR 68	
No. LAB.	3056/97	1688/97	601/97	
FECHA	REPORTE :	12/09/97	07/25/97	04/01/97
MM/DD/AA	RECIBO :	11/25/97	07/24/97	03/20/97
	MUESTREO :	/ /	07/15/97	03/11/97
MOTOR (Kms/Hrs)				
ACEITE (Kms/Hrs)				
RELLENOS (Gls.)				

	RESULTADOS ANALISIS ACEITE		
VISCOSIDAD, Cst @ 40C	299.8	289.1	310.3
VISCOSIDAD, Cst @ 100C			
AGUA, % Volumen	0.0	0.0	0.0
OXIDACION, A/Cm.			1.67
INSOLUBLES .5 $\mu$	0.05	0.06	0.10

	RESULTADOS ANALISIS DE METALES (PPM)		
SILICE	12	13	11
HIERRO	122	121	+150
COBRE	2	4	5

CODIGOS DE ACCION			
RESULTADO GLOBAL	0	0	0

NOTA: fosforo, %wt: 0.030

**EM/PA**  
**MANTENIMIENTO DE EQUIPOS A TRAVES DE ANALISIS PROGRESIVOS**

**RESULTADOS ANALISIS**

<b>No. FILE :</b>	<b>EQUIPO : LINEA #4</b>
<b>No. ENVIO: 2/97</b>	<b>MARCA Y MOD.: LUPKIN</b>
<b>CLIENTE : CIA. SCOTTEAR DEL PERU S.A.</b>	<b># EQUIPO : 3100101</b>
<b>DIRECCION: AV. ARGENTINA 6037, CALLAO</b>	<b>COMPONENTE : REDUCTOR</b>
<b>CIUDAD : CALLAO</b>	<b>MARCA Y MOD.: LUPKIN T720B</b>
	<b># COMPONENTE:</b>
	<b>CAP. CARTER : 190.0 Gls.</b>
	<b>COMBUSTIBLE :</b>

No. ANALISIS EMPA	ULTIMO	2	3
LUBRICANTE	MOBILGEAR #32	MOBILGEAR #32	MOBILGEAR #32
No. LAB.	3060/97	1690/97	605/97
FECHA	REPORTE :	12/09/97	07/25/97
MM/DD/AA	RECIBO :	11/25/97	07/24/97
	MUESTREO :	/ /	07/15/97
MOTOR (Kms/Hrs)			
ACEITE (Kms/Hrs)			
RELLENOS (Gls.)			

	RESULTADOS ANALISIS ACEITE		
VISCOSIDAD, Cst @ 40C	276.8	+261.2	274.8
VISCOSIDAD, Cst @ 100C			
AGUA, % Volumen	0.0	0.0	0.0
OXIDACION, A/Cm.			
INSOLUBLES .5 µ	0.02	0.04	0.06

	RESULTADOS ANALISIS DE METALES (PPM)		
SILICE	12	15	11
HIERRO	73	62	70
COBRE	4	4	3

**CODIGOS  
DE ACCION**

RESULTADO GLOBAL	0	1	0

**NOTA: FOSFORO, %wt: 0.026**

**EM/PA**  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS A TRAVÉS DE ANÁLISIS PROGRESIVOS

**RESULTADOS ANALISIS**

No. FILE :	EQUIPO : LINEA #5
No. ENVIO: 2/97	MARCA Y MOD.: FARREL BIRMINGHAM
CLIENTE : CIA. GOODYEAR DEL PERU S.A.	# EQUIPO : 3100102
DIRECCION: AV. ARGENTINA 4937, CALLAO	COMPONENTE : REDUCTOR
CIUDAD : CALLAO	MARCA Y MOD.: FARREL BIRMINGHAM SRA
	# COMPONENTE:
	CAP. CARTER : 65.0 Gl.
	COMBUSTIBLE :

No. ANALISIS EMPA	ULTIMO	2	3
LUBRICANTE	MOBILGEM 632	MOBILGEM 632	MOBILGEM 632
No. LAB.	3054/97	1687/97	599/97
FECHA	REPORTE : 12/09/97	07/25/97	04/01/97
MM/DD/AA	RECIBO : 11/25/97	07/24/97	03/20/97
	MUESTREO : / /	07/15/97	03/11/97
MOTOR (Kms/Hrs)			
ACEITE (Kms/Hrs)			
RELLENOS (Gl.)			
<b>RESULTADOS ANALISIS ACEITE</b>			
VISCOSIDAD, Cst @ 40C	296.9	+263.4	289.8
VISCOSIDAD, Cat @ 100C			
AGUA, % Volumen	0.0	0.0	0.0
OXIDACION, A/Cm.			0.0
INSOLUBLES .5 $\mu$	0.08	0.07	0.06
<b>RESULTADOS ANALISIS DE METALES (PPM)</b>			
SILICE	15	*26	14
HIERRO	69	34	71
COBRE	0	0	0
CODIGOS DE ACCION		1,	
RESULTADO GLOBAL	0	1,3	0 0

NOTA: FOSFORO, %wt: 0.029

**EM/PA**  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS A TRAVES DE ANALISIS PROGRESIVOS

**RESULTADOS ANALISIS**

No. FILE :	EQUIPO : LINEA #6
No. ENVIO: 2/97	MARCA Y MOD.: JAHNEL GETRIEBE
CLIENTE : CIA. GOODYEAR DEL PERU S.A.	# EQUIPO : 3100103
DIRECCION: AV. ARGENTINA 6037, CALLAO	COMPONENTE : REDUCTOR
CIUDAD : CALLAO	MARCA Y MOD.: JAHNEL GETRIEBE 672H
	# COMPONENTE:
	CAP. CARTER : 140.0 Gls.
	COMBUSTIBLE :

No. ANALISIS EMPA	ULTIMO	2	3
LUBRICANTE	MOBILGEAR 632	MOBILGEAR 632	MOBILGEAR 632
No. LAB.	3053/97	1686/97	598/97
FECHA	REPORTE :	12/09/97	07/25/97
MM/DD/AA	RECIBO :	11/25/97	07/24/97
	MUESTREO :	/ /	07/15/97
MOTOR (Kms/Hrs)			
ACEITE (Kms/Hrs)			
RELLENOS (Gls.)			
-----RESULTADOS ANALISIS ACEITE-----			
VISCOSIDAD, Cst @ 40C	294.2	271.1	292.1
VISCOSIDAD, Cst @ 100C			
AGUA, % Volumen	0.0	*0.20	0.0
OXIDACION, A/Cm.			0.0
INSOLUBLES .5 $\mu$	0.05	*0.51	0.04
-----RESULTADOS ANALISIS DE METALES (PPM)-----			
SILICE	14	19	10
HIERRO	19	15	15
COBRE	1	0	0
-----			
CODIGOS DE ACCION		6, 4,	
-----			
RESULTADO GLOBAL	0	2	0

NOTA: FOSFORO, %wt: 0.028

**EM/PA**  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS A TRAVES DE ANALISIS PROGRESIVOS

**RESULTADOS ANALISIS**

No. FILE :	EQUIPO :MOLINO BANBURY #1
No. ENVIO: 2/97	MARCA Y MOD.:FARREL BIRMINGHAM
CLIENTE : CIA. GOODYEAR DEL PERU S.A.	# EQUIPO :3100104
DIRECCION: AV. ARGENTINA 6037, CALLAO	COMPONENTE :REDUCTOR
CIUDAD : CALLAO	MARCA Y MOD.:FARREL BIRMINGHAM SRA
	# COMPONENTE:
	CAP. CARTER :65.0 Gls.
	COMBUSTIBLE :

No. ANALISIS EMPA	ULTIMO	2	3
LUBRICANTE	MOBILGEAR 632	MOBILGEAR 632	MOBILGEAR 632
No. LAB.	3058/97	1683/97	603/97
FECHA	REPORTE :	12/09/97	07/25/97
MM/DD/AA	RECIBO :	11/25/97	07/24/97
	MUESTREO :	/ /	07/15/97
MOTOR (Kms/Hrs)			03/11/97
ACEITE (Kms/Hrs)			
RELLENOS (Gls.)			
	RESULTADOS ANALISIS ACEITE		
VISCOSIDAD, Cst @ 40C	308.7	282.1	305.2
VISCOSIDAD, Cst @ 100C			
AGUA, % Volumen	*0.20	0.0	0.0
OXIDACION, A/Cm.			0.0
INSOLUBLES .5 $\mu$	0.16	0.07	0.02
	RESULTADOS ANALISIS DE METALES (PPM)		
SILICE	*40	+25	23
HIERRO	79	30	37
COBRE	1	0	0
CODIGOS DE ACCION	4, 7,		
RESULTADO GLOBAL	2,3	0	0

NOTA: FOSFORO. %wt: 0.028

## SEGUIMIENTO DEL EQUIPO

No. DEL LAB. : 3058/97  
No. DEL FILE :  
FECHA MUESTREO:  
CLIENTE : CIA. GOODYEAR DEL PERU S.A.  
EQUIPO : FARREL BIRMINGHAM

---

CODIGO ACCION : 4  
PROBLEMA : Contaminacion con agua.  
POSIBLES CAUSAS : Condensacion, entrada externa.

CODIGO ACCION : 7  
PROBLEMA : Contenido anormal de Silice.  
POSIBLES CAUSAS : Contaminacion del aceite con polvo; contaminacion durante la toma de la muestra.

---

RESULTADO DE LA INSPECCION Y ACCION CORRECTIVA TOMADA

---

---

---

---

FECHA DE INSPECCION \_\_/\_\_/\_\_ EFECTUADA POR:

NOTA IMPORTANTE : Nuestra interpretación de los resultados de análisis, constituye una guía para establecer el origen de los contaminantes que circulan en el aceite, las acciones correctivas o preventivas, deberán ser tomadas bajo entera responsabilidad del usuario del servicio técnico

**EM/PA**  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS A TRAVÉS DE ANÁLISIS PROBABISTOS

**RESULTADOS ANALISIS**

No. FILE :	EQUIPO : BANBURY #2
No. ENVIO: 2/97	MARCA Y MOD.: LUFKIN
CLIENTE : CIA. GOODYEAR DEL PERU S.A.	# EQUIPO : 3200102
DIRECCION: AV. ARGENTINA #131, CALLAO	COMPONENTE : REDUCTOR
CIUDAD : CALLAO	MARCA Y MOD.: LUFKIN D890
	# COMPONENTE:
	CAP. CARTER : 150.0 Gls.
	COMBUSTIBLE :

No. ANALISIS EM/PA	ULTIMO	2	3
LUBRICANTE	MOBILGAR 632	MOBILGAR 632	MOBILGAR 632
No. LAB.	3057/97	1689/97	602/97
FECHA	12/09/97	01/25/97	04/01/97
MM/DD/AA	11/25/97	07/24/97	03/20/97
REPORTE :	/ /	07/15/97	03/11/97
RECIBO :			
MUESTREO :			
MOTOR (Kms/Hrs)			
ACEITE (Kms/Hrs)			
RELLENOS (Gls.)			
<b>RESULTADOS ANALISIS ACEITE</b>			
VISCOSIDAD, Cst @ 40C	314.9	288.0	297.5
VISCOSIDAD, Cst @ 100C			
AGUA, % Volumen	*50.0	*9.60	0.0
OXIDACION, A/Cm.			4.43
INSOLUBLES .5 µ	0.13	0.12	0.05
<b>RESULTADOS ANALISIS DE METALES (PPM)</b>			
SILICE	14	12	21
HIERRO	33	72	65
COBRE	1	4	1
CODIGOS DE ACCION	4,	4,	
RESULTADO GLOBAL	2	2	0

NOTA: FOSFORO, %wt: 0.016. Bajo cont. de Fósforo.

**SEGUIMIENTO DEL EQUIPO**

No. DEL LAB. : J057/97  
No. DEL FILE :  
FECHA MUESTREO :  
CLIENTE : CIA. GOODYEAR DEL PERU S.A.  
EQUIPO : LOFRIN

---

CODIGO ACCION : 4  
PROBLEMA : Contaminacion con agua.  
POSIBLES CAUSAS : Condensacion, entrada externa.

---

**RESULTADO DE LA INSPECCION Y ACCION CORRECTIVA TOMADA**

---

---

---

---

FECHA DE INSPECCION \_\_/\_\_/\_\_ EFECTUADA POR:

NOTA IMPORTANTE : Nuestra interpretación de los resultados de análisis, constituye una guía para establecer el origen de los contaminantes que circulan en el aceite, las acciones correctivas o preventivas, deberán ser tomadas bajo entera responsabilidad del usuario del servicio técnico

SAN LUIS DE

2 12 97 1 8:41AM MOBIL OIL DEL PERU

9011777

**Mobil**

Fecha: 1/12/97

Servicio Planeado de Ingeniería  
Programa EM/PA

### Reporte de Alertas

CLIENTE: CIA. GOODYEAR DEL PERU  
DIRIGIDO A: - JEFE DE MANTENIMIENTO  
CC: JEFE DE INGENIERIA

Por la presente le adjuntamos algunos comentarios acerca de los últimos Reportes de Análisis de Aceites usados del Programa EM/PA

#### ENVIO 02 / 97

**File: 1142 / Línea #1 / Reductor / Finweus Machine / Mobilgear 632 :**

La viscosidad se encuentra bastante baja 229.7 cSt @40°C (el valor original es 320), cuando se revisan anteriores resultados se nota que es una constante el problema de baja viscosidad. En un reductor existen dos posibles causas para este resultado : 1- Se relleno total o parcialmente por equivocación con aceite de menor viscosidad (por ejemplo con Mobilgear 630 que tiene 220 cSt @40°C) 2- El tipo de trabajo con sobrecargas e impactos ocasiona la pérdida de viscosidad por fractura de la molécula del aceite. En todo caso esta segunda causa se presenta ocasionalmente y la caída de viscosidad no es tan considerable. Recomendamos que se cambie la carga de aceite y se evalúe la condición de trabajo de este componente de manera que se pueda deducir posibles acciones correctivas.

El trabajar un reductor con un aceite de viscosidad menor a la recomendada por el fabricante, no asegura que la película lubricante resista las presiones en el engrane, con lo que se empiezan a producir fallas del tipo pitting.

**File: 1144 / Baobury 2 / Reductor / Lufkin / Mobilgear 632 :**

El contenido de agua en la muestra enviada es muy alto 59% en volumen (máximo permisible es 0.1%). Se debe evaluar la procedencia de semejante cantidad para tomar acciones correctivas de manera que este tipo de contaminación al aceite se detenga. Este aceite debe ser cambiado. El aceite altamente contaminado con agua es dañino para los engranajes encerrados, pues no solo fomenta la herrumbre sino además hace que el aceite pierda capacidad de resistir altas presiones, atacando al aditivo de EP que es hecho en base a fósforo. Precisamente el Contenido de fósforo se reporta en 0.016% en peso (mínimo permisible es 0.02%) por lo que también debería cambiarse el aceite.

Los resultados del análisis metalográfico que reportan las partículas de desgaste presentes en el aceite son satisfactorios y no indican que se haya producido desgaste aun.

Favor devolver el formato adjunto al fax 01-4422210 con las Acciones Correctivas Tomadas.

Pag. 1

SAN ISIDRO

2-12-97 : 8-41AM : MOBIL OIL DEL PERU-

5011777

**Mobil**

Fecha: 1/12/97

**Servicio Planeado de Ingeniería****Programa EM/PA****Reporte de Alertas****File: 1145 / Molino Banbury 1 / Reductor / Farrel Birmingham / Mobilgear 632 :**

El contenido de agua 0.20% en volumen esta por encima del máximo valor permisible, como en el caso anterior, aunque por supuesto en menor magnitud, esta contaminación nos lleva a recomendar que se cambie el aceite.

Adicionalmente se puede notar como el contenido de insolubles, que vienen a ser contaminantes solidos dentro del aceite, aumenta progresivamente en los últimos análisis, esta en 0.2% en peso (máximo permisible es 0.3%), recomendamos evaluar posibles puntos abiertos en el reductor o expuestos a la entrada de contaminantes.

Por otro lado el alto contenido de Silice (que es señal de polvo) también viene incrementándose en los últimos análisis 40 ppm (máximo permisible 25 ppm), este valor también hace necesario que se cambie el aceite pues la silice es un compuesto altamente abrasivo que fomenta el desgaste, por otro lado se refuerza la teoría de algún punto expuesto a la entrada de contaminantes externos con partículas insolubles así como polvo.

**Comentario final:**

- Para poder realizar interpretaciones de los resultados de análisis más precisas, es de mucha utilidad que se indique con cada muestra las horas trabajadas por el aceite, así como el horómetro de la máquina en el momento de tomar la muestra, pues son indicativos de los periodos de tiempo transcurridos entre muestras y permiten vislumbrar mejor las tendencias.

**Ingeniero de Lubricación**