



# **Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz**

**Programa Educativo Ingeniería en Mantenimiento Industrial.**

**Reporte para que obtener el título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial**

**Proyecto de estadía realizado en la empresa:**

**Cementos Portland Moctezuma**

**Nombre del proyecto:**

**Análisis de los paros no programados en los sistemas de compresores.**

**Presenta:**

**Rodrigo García Piña**

**Cuitláhuac, Ver. , a 20 de Abril de 2016**



# **Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz**

**Programa Educativo Ingeniería en Mantenimiento Industrial.**

**Nombre del Asesor Industrial:**

**Ing. Juan Carlos Martínez Carrera**

**Nombre del Asesor Académico:**

**Dra. Verónica Flores Sánchez**

**Nombre del Alumno:**

**Rodrigo García Piña**

## DEDICATORIA

*A Dios, por brindarme la oportunidad de tener una familia tan maravillosa y por llenarme de infinitas bendiciones todos los días.*

*A mis hijos, por ser quienes me inspiran y me motivan para cumplir todos mis sueños.*

*A mi madre, por ser el mejor ejemplo a seguir, por educarme y brindarme su apoyo incondicional; por escucharme y guiarme siempre por el camino correcto.*

*A mis amigos, por brindarme su apoyo incondicional y por estar a mi lado cuando más las necesito.*

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor del proyecto expresa sus sinceros agradecimientos a:

Dra. Verónica Flores Sánchez	Asesor académico.
Ing. Juan Carlos Martínez Carrera	Asesor Industrial.

Así mismo agradece a todos los operarios quienes con su esfuerzo valiosa colaboración hicieron posible el desarrollo del proyecto.

A todas aquellas personas que contribuyeron con el desarrollo del proyecto y que brindaron todo su tiempo, apoyo y conocimiento para la consecución de los objetivos.

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN</b> .....	<b>13</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.3 PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
1.4 OBJETIVO GENERAL .....	16
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	19
1.8 ORGANIZACIÓN A ESTUDIO .....	20
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
2.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO .....	25
2.2 LINEAMIENTOS BÁSICOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO .....	25
2.3 EXPERTOS OPERADORES DE MÁQUINAS .....	26
2.4 CONCEPTOS DE IMPLEMENTACIÓN .....	26
2.5 FUNCIONES GENERALES DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO .....	26
2.6 ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN .....	27
2.7 ACTIVIDADES DE MEJORA .....	27
2.7.1 ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DEL PERSONAL DE PRODUCCIÓN .....	27
2.7.8 ACTIVIDADES PARA PREVENIR EL DETERIORO .....	28
2.7.8.1 ACTIVIDADES PARA MEDIR EL DETERIORO .....	28
2.8 ACTIVIDADES PARA CORREGIR EL DETERIORO .....	28
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>30</b>
<b>3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>30</b>
PASO 1: LIMPIEZA E INSPECCIÓN .....	30
PASO 2: MEJORAS CONTINUAS .....	31
PASO 3: TRABAJO ESTANDARIZADO .....	31
PASO 4: PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES DE LUBRICACIÓN .....	31
3.4 SELECCIÓN DEL INSTRUMENTO .....	35
3.5 PREPARACIÓN DE DATOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO .....	36
.....	<b>43</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>69</b>
ANEXO 1. HOJA DE CONTROL .....	70

<b>ANEXO 2. ESQUEMA DE FALLA.....</b>	<b>71</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>76</b>

## INDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA.....	14
ILUSTRACIÓN 2PLAN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO .....	18
ILUSTRACIÓN 3 UBICACIÓN GEOGRAFICA CEMENTOS PORTLAND MOCTEZUMA .....	20
ILUSTRACIÓN 4PRODUCTOS .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
ILUSTRACIÓN 5PRODUCTOS.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
ILUSTRACIÓN 6 COMPRESOR 1205 .....	33
ILUSTRACIÓN 7 RELE DE CARGA "OVERHAUL" .....	33
ILUSTRACIÓN 9 HORAS MARCHA COMPRESOR OVERHAUL.....	34
ILUSTRACIÓN 11 COSTOS MANTO. A COMPRESOR "OVERHAUL" .....	35
ILUSTRACIÓN 12MANTENIMIENTO A VÁLVULAS .....	53
ILUSTRACIÓN 13MANTENIMIENTO A SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
ILUSTRACIÓN 14 CAMBIO DE TRANSMISIÓN.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
ILUSTRACIÓN 15 CAMBIO DE RODAMIENTOS .....	64
ILUSTRACIÓN 16 MANTENIMIENTO A RODAMIENTO .....	66
17 MANTENIMIENTO A SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE ACEITE.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>

## **RESUMEN**

Este trabajo expone la metodología y el proceso de implementación del sistema de mantenimiento autónomo en una línea de producción, cuya finalidad es ofrecerle a Cementos Portland Moctezuma, una herramienta base para la implementación del sistema de mantenimiento autónomo en todas sus líneas de producción, ofreciendo un complemento al sistema de mantenimiento planeado a través de un plan estratégico, sistemático y organizado por pasos, y convirtiéndose en una herramienta importante que apoya la filosofía de gestión organizacional “Lean Manufacturing”.

En la primera fase de preparación, se recolecta la información necesaria sobre la línea de producción y la organización; además, se analizan las necesidades de los operarios y los requerimientos de la compañía, todo esto con el fin de poder identificar las fortalezas y debilidades del entorno organizacional y poder así elaborar un plan de acción que abarque cada uno de los requerimientos necesarios.

Una vez definido el plan de acción y la metodología a seguir, se inicia el proceso de implementación del sistema de mantenimiento autónomo paso a paso, en donde se obtienen como resultado herramientas de capacitación para los operarios, un sistema de gerencia visual y estándares de actividades de mantenimiento autónomo enfocados hacia la conservación de los equipos y a la reinstauración de sus condiciones básicas de operación.

## **ABSTRACT**

This project presents the methodology and implementation process of the autonomous maintenance system. Its purpose is to provide Cements Portland Moctezuma for the implementation of the autonomous maintenance system in all its production lines. It offers a complement for planned maintenance system through a strategic, systematic and organized step by step plan that supplies an important tool to support the organizational philosophy "lean manufacturing".

In the preparation stage, the information about the production line and the company was collected, and the operator's needs and company requirements were analyzed, in order to identify the strength and the weakness of the organizational environment, and then develop a plan that covers each necessary requirement.

Once the action plan and the methodology were defined, the implementation process of the autonomous maintenance system started.

As a result of this process, a training tool for operators, a visual management system and standards of autonomous maintenance activities were obtained, focused on equipment conservation and the restoration of basic conditions for operation.

## INTRODUCCIÓN

En mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones.

La confiabilidad de un sistema complejo, compuesto por una serie de piezas, puede llegar a ser muy mala a pesar de una no muy mala confiabilidad individual. Esto es tanto más cierto cuanto mayor sea la variabilidad del desempeño de cada uno de los componentes del sistema y su grado de dependencia o independencia. Es particularmente cierto cuando es la mano de obra uno de los componentes. En efecto, si no llevamos a cabo una actividad de mejora y de control será muy difícil obtener confiabilidades resultantes elevadas. También es cierto que es a través de esta actividad de mejora donde se puede lograr la diferencia entre un buen y un mal servicio como producto.

Las actividades de mantenimiento pueden ser realizadas según diferentes sistemas, que luego trataremos, y que se aplican según las características de los bienes y según diversos criterios de gestión de mantenimiento que provee a las empresas y una amplia gama de ventajas tanto en eficiencia como en productividad y calidad que es parte de la competitividad el cual siempre está replanteando un mejor sistema de administración de mantenimiento y producción por lo que el mantenimiento autónomo surge como una adaptación del sistema de mantenimiento preventivo basado en la mala organización de las áreas, el entorno industrial y lo ha enmarcado dentro de un sistema mayor conocido como TPM (Mantenimiento Total Productivo).

En el marco del TPM y con el de mantenimiento Autónomo se tiene como base principal los operadores que son los responsables de su propio equipo y área de trabajo, en especial de mantenerlos limpios, en correcto funcionamiento, así como detectar problemas potenciales o críticos antes de que estos ocurran y traigan como consecuencia dificultades a la producción, pero lo más importante prevenir accidentes y cuidar el factor humano.

Por lo que la empresa le conviene diseñar un sistema de mantenimiento autónomo como una herramienta para mejorar la eficiencia de los procesos y calidad de producto, mediante la evaluación y mejoramiento de las condiciones de trabajo y operación de las máquinas.

La aplicación del mantenimiento autónomo en CEMOSA área compresores, nos permitirá enfrentar de forma más eficiente los problemas de deterioro acelerado de los

equipos y lograr como objetivo la generación de ventajas competitivas sostenibles con el tiempo, complementando la mejora continua y garantizando el suministro en la producción de cemento.

## **MARCO REFERENCIAL**

### **IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS EN LAS ORGANIZACIONES ACTUALES**

Las organizaciones contemporáneas están experimentando una profunda transformación. La globalización ha creado la necesidad de consolidar modelos de mantenimiento en ambientes dinámicos, inciertos y complejos y la necesidad de innovación exigen modificar la estructura del trabajo tradicionalmente configurada en torno a los individuos y adoptar diseños organizacionales orientados al cambio y basados en equipos (Markiewicz & West, 2014). Los equipos satisfacen estas necesidades aportando la diversidad en conocimientos, habilidades y experiencias que permiten dar respuestas rápidas, flexibles e innovadoras a los problemas y retos planteados. De este modo, el éxito de las organizaciones y la producción global de conocimiento depende en gran medida de la eficacia de los equipos

### **MODELOS EXPLICATIVOS DE LA EFICACIA DE LOS EQUIPOS**

El análisis de la eficacia de los equipos se ha venido realizando de forma general a partir del modelo Input-Proceso-Output. Este modelo identifica la composición, la estructura y los procesos de los equipos como los antecedentes clave de la eficacia del equipo. Asimismo, el modelo señala que los factores organizacionales y situacionales influyen en la estructura del equipo como un todo, afectando a las demás variables (input, proceso, output). Los inputs representan el conjunto de recursos del equipo, tanto internos (la composición del equipo, fundamentalmente los conocimientos y habilidades de sus miembros, así como la estructura del grupo y el diseño de la tarea) como externos (ej. las recompensas de la organización, la cultura organizacional). Estos recursos pueden considerarse a distintos niveles (recursos de los miembros, del grupo y de la organización).

Los cambios estratégicos, económicos y tecnológicos están provocando la reestructuración de las organizaciones en torno a los equipos como unidades básicas de trabajo, de forma que la eficacia de estos equipos constituye un factor clave para el éxito de las organizaciones. Los enfoques teóricos actuales coinciden en considerar a los equipos como sistemas adaptativos complejos, cuya eficacia depende de las complejas interacciones entre numerosas variables input, proceso y output. Se han realizado numerosos estudios sobre estas variables, y si bien los investigadores organizacionales se han centrado tradicionalmente en los factores del contexto y los resultados, en los últimos años se observa un claro incremento del interés por los procesos grupales. En este sentido, se ha avanzado significativamente en el estudio de la llamada cognición de equipo, aunque es necesaria más investigación para identificar

los antecedentes, efectos, métodos de evaluación y mejora de dichos procesos cognitivos. Respecto a los procesos emocionales, su desarrollo teórico es aún precario y son pocas las investigaciones que analizan sus efectos sobre la eficacia de los equipos.

# CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mantenimiento de los equipos de compresores al interior de Cementos Moctezuma está siendo atendido solo por el área de servicios generales, cumpliendo la función básica de planificar y organizar las actividades del área con la ayuda de una empresa externa de servicio especializado en sistemas generadores de aire.

El sistema de planificación de mantenimiento está basado solamente mediante los espacios disponibles que sobran de las otras áreas de proceso o cuando un equipo presenta una falla se tiene que esperar a que la empresa externa llegue para la reparación de la misma, por lo que esto hace que se tengan intervenciones tardías de fallas menores ocasionando pérdidas de presión en las líneas de aire y sistemas de control, originando paros no programados y retraso en los procesos de producción.

Se inició un primer recorrido sobre el campo de acción del departamento de mantenimiento, en el que se identificó lo siguiente:

- El mantenimiento es de tipo correctivo.
- El personal no se hace responsable de los equipos durante la operación ordinaria.
- No existe documentación necesaria referente a las actividades de mantenimiento.
- Las máquinas y equipos cuentan con manuales de funcionamiento en inglés.
- No existe una revisión de la condición actual del departamento.
- No existe control de información del área de compresores.
- No se cuenta con historial de las máquinas ni bitácoras de la sala de compresores.
- No se cuenta con una etapa de diseño y prueba de herramientas que busquen las necesidades del sistema de compresores ya que los operadores solo reparan pequeñas fallas presentadas o solo notifican al departamento que se tiene una anomalía por lo cual será necesario llamar a la empresa externa, todo por no haber sido solucionada la falla se convierte en un problema mayor.
- Más de la mitad de horas de mantenimiento se usan en el modo reactivo, realizando reparaciones de emergencia, no programadas
- Menos del 10% de las horas se usan en mantenimiento preventivo

En la tabla1. Se muestra una evaluación a operarios de producción los cuales son los encargados del área de sistema de compresores, donde el objetivo será darle seguimiento y se cumplan por completo todas las especificaciones para el manteniendo Autónomo,

### Comentario de la Orden

NOMBRE DE LA EMPRESA: CEMENTOS MOCTEZUMA

FECHA: 20.03.2016

UBICACIÓN: PLANTA APAZAPAN

AREA DE DIAGNOSTICO: MANTENIMIENTO

PREGUNTAS	cumple		observaciones
	si	no	
¿SE CUENTA CON UN PLAN DE MANTENIMIENTO?	x		
¿LAS MAQUINAS CUENTAN CON HISTORIAL DE MANTENIMIENTO?		x	
¿SE CUENTA CON PERSONAL CAPACITADO?		x	
¿EL PERSONAL REALIZA UNA RUTINA DIARIA?		x	
¿SE ENCUENTRAN EN BUEN ESTADO LAS MAQUINAS?	x		
¿SE CUENTA CON UN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO?	x		
¿SE TIENE ACCESIBILIDAD A LOS MANUALES DE MANTENIMIENTO?		x	
¿LAS INSTALACIONES DE LOS EQUIPOS SON LAS CORRECTAS?	x		
¿SE LLEVA REPORTE DE FALLA Y MANTENIMIENTO DE CADA EQUIPO?		x	
¿LAS HERRAMIENTAS DE TRABAJO SON LAS ADECUADAS?	x		
¿SE CUENTA CON UN TALLER DONDE SE REALICEN LOS MANTENIMIENTOS?	x		
¿LOS MATERIALES Y REFACCIONES SON LOS ADECUADOS?	x		

Tabla 1Evaluación Diagnóstica

## 1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Será que al realizar la propuesta para el Manual de Mantenimiento Autónomo para la Industria Cementos Portland Moctezuma, se disminuirán los paros en el proceso de producción, se ampliarán los pedidos y además propicie a la creación de un programa de capacitación para los empleados?

## 1.3 PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN

Dentro de la mejora continua se busca tener nuevas formas de mejorar la eficiencia de cada proceso y cada departamento en la calidad de los productos, en este sentido la aplicación del mantenimiento autónomo provee opciones para mejorar en calidad, servicio y lo más importante asegurar la integridad física del personal, mediante capacidad de respuesta y conocimiento de las funciones operarias en el área de trabajo específica y así evitar caer en malas costumbres de operación.

Esto nos traerá reducción de costos, conservación y prolongación de la vida útil de los equipos, convirtiéndose en una alternativa de mejora viable y siendo esta una gran área de oportunidad, por lo tanto, el establecer un marco conceptual, compuesto por herramientas y planes que permitan la ejecución del Mantenimiento Autónomo en

máquinas y equipos productivos que permitirá la eficiencia del proceso, la calidad del servicio y el compromiso del personal y la administración del mantenimiento.

El Mantenimiento Autónomo ofrece una mejora continua que será de gran utilidad y de cambios significativos en el proceso productivo por lo que se pretende mejorar, construir y mantener las condiciones necesarias para que el equipo funcione sin averías y rendimiento pleno, así mismo se prevé reducir costos de mantenimiento, mejorar la seguridad en el trabajo, brindar una mejor calidad de servicio, adquirir una capacitación adecuada para el trabajador y el desarrollo organizacional, sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador

Por lo que necesitamos una estrategia orientada hacia las personas, máquinas y equipamientos con el fin de maximizar los tiempos, mejorar la eficiencia de los procesos de calidad de servicio y reducir costos que la llevaremos a cabo mediante el Mantenimiento Autónomo, involucrando de manera directa al operador enriqueciendo sus habilidades y aumentando su autonomía operacional. (Multihabilidades y multifuncionales)

## **1.4 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar y diseñar un plan de Mantenimiento Autónomo en planta Cementos Moctezuma área compresores.

## **1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diseño de etapas y pruebas del Mantenimiento Autónomo de acuerdo a las necesidades de Cementos Moctezuma área de compresores.
- Realizar una atención sistemática en el mantenimiento de maquinaria.
- Documentar las condiciones de operación de la maquinaria (tiempos de actividad y de inactividad, personal a cargo del mantenimiento).
- Elaborar un procedimiento para la implementación del mantenimiento autónomo en los sistemas de compresores.

## 1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La administración industrial está estructurada por el mantenimiento autónomo el cual involucra sistemas de dirección, buenas costumbres organizacionales e ingenio humano, que busca integrar la gestión de todos los recursos involucrados que conforman el proceso productivo. El mantenimiento autónomo se debe entender como una estrategia la cual va orientada principalmente a las personas, buscando maximizar la eficiencia de las máquinas, equipos y el proceso, el cual será reflejado en la calidad del producto.

El principal objetivo del mantenimiento autónomo conforme a sus etapas es la de detección de fallas tempranas, su prevención y la reparación, anticipando problemas de operación desde el principio del turno las cuales son supervisadas por el operador.

Los beneficios que se obtiene con la implementación del mantenimiento autónomo son: aumento de la autonomía operacional, reducción de costos, evitar deterioros en forma acelerada, se integra la capacitación técnica de los operadores hacia los equipos que esto a la vez aumentara el compromiso del personal con los objetivos operativos.

En este proceso se adaptarán las herramientas del mantenimiento autónomo a la empresa CEMOSA en área de compresores, considerando su entorno productivo, organizacional, respetando las políticas internas y lineamientos corporativos de trabajo y seguridad.

La generación de aire en la empresa es de mucha importancia ya que es una empresa completamente automatizada y los sistemas de control, se cuenta con una área designando como es la de cuarto de compresores que cuenta con 5 equipos completos de sistema de tornillo marca Atlas encargados de suministrar aire a lo que comprenden: compuertas, electroválvulas, anillos de limpieza , cilindros de limpieza por choque de aire, colectores de polvo y transporte de material productos por lo que se necesita un suministro de aire constante y eficiente que lleve de igual manera un mantenimiento confiable y bajo costo que garantice el trabajo y producción de cemento.

La importancia del plan de mantenimiento Autónomo para objetivos de una idea o propuesta empresarial que está constituida por una proyección y evaluación. La base de la planeación es la administración ya que se planifican y evalúan las tareas o necesidades del aporte financiero.

Tener un plan administrativo del mantenimiento podría ser la guía de representación comercial que se seguirá, al que se debe tener información verbal y grafica sobre el negocio el cual se está planeado invertir creando una síntesis de cómo se debe organizar las labores empresariales para tener éxito. El plan de negocios es la explicación escrita del modelo de negocio. Un plan de mantenimiento siempre debe estar abierto a las actualizaciones, renovación en su proceso de planificación y tener una mejor comprensión del negocio dando como resultado que opciones están disponibles.



**Ilustración 2 PLAN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

El plan de Mantenimiento Autónomo se enfoca en cuestiones del emprendimiento de tal forma que se pueda asegurar su consistencia estratégica teniendo las siguientes aplicaciones.

- Constituye una herramienta de gran utilidad para el propio equipo de promotores ya que permite detectar errores y planificar adecuadamente la puesta en marcha del mantenimiento con anterioridad al comienzo de la administración.
- Facilita la obtención de la administración del mantenimiento, ya que contiene la previsión de estados fallas y soluciones del mantenimiento e informa adecuadamente sobre su viabilidad y solvencia.
- Facilita la negociación con proveedores.
- Captación de nuevos técnicos o colaboradores.
- Definir diversas etapas que faciliten la medición de sus resultados.
- Establecer metas a corto y mediano plazos.
- Definir con claridad los resultados finales esperados.
- Establecer criterios de medición para saber cuáles son sus logros.
- Identificar posibles oportunidades para aprovecharlas en su aplicación.

- Involucrar en su elaboración a los directivos que vayan a participar en su aplicación.
- Nombrar un coordinador o responsable de su aplicación.
- Prever las dificultades que puedan presentarse y las posibles medidas correctivas.
- Tener programas para su realización.
- Ser claro, conciso e informativo.

## **1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **Alcances.**

Proponer el plan de Mantenimiento Autónomo para implementar y aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa, la cual también permita disminuir costos de mantenimiento y disminuir el mantenimiento correctivo de las máquinas. Además, permitirá eliminar pérdidas de materia prima, eliminar tiempos muertos y capacitar al personal de mantenimiento.

### **Limitaciones.**

- Falta de información de la maquinaria.
- Falta de Interés de la empresa para implementar un plan de mantenimiento.
- Tiempo limitado de estancia en la empresa.
- Falta de conocimientos técnicos para generar los instructivos de mantenimiento.
- Manuales de mantenimiento extraviados.
- El escaso tiempo para la realización y aplicación del proyecto.

## 1.8 ORGANIZACIÓN A ESTUDIO

### CEMENTOS PORTLAND MOCTEZUMA

#### MISIÓN:

- ❖ Producir cemento y concreto al menor costo y precio competitivo, que satisfaga los requerimientos de nuestros clientes en un ambiente de seguridad y desarrollo para nuestro personal, en armonía con el medio ambiente, en sana convivencia con la comunidad que nos rodea, dando la justa retribución al empleado y agregando valor a la inversión de nuestros accionistas y clientes.

#### VISIÓN:

- ❖ Mantener nuestro liderazgo de eficiencia y rentabilidad, expandiendo nuestras operaciones de cemento y concreto a nivel nacional, posicionando nuestra marca de acuerdo a la calidad del producto.

#### VALORES:

- ❖ Nuestros valores son los fundamentos de nuestra identidad empresarial, así como las convicciones compartidas que forman parte de nuestra estrategia a largo plazo y del servicio que ofrecemos al mercado.

#### UBICACIÓN:

- ❖ Conocido Predio “Campo de la Mora” Camino vecinal a Cerro Colorado km 1 Población de Cerro Colorado Municipio de Apazapan, Veracruz como se muestra en la ilustración N° 3.

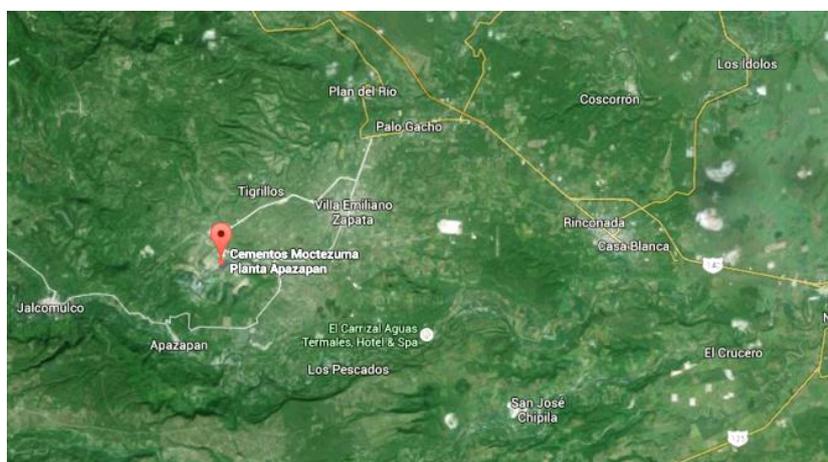


ILUSTRACIÓN 3 UBICACIÓN GEOGRAFICA CEMENTOS PORTLAND MOCTEZUMA

**PRODUCTOS:** Cementos Moctezuma se caracteriza por una variedad de productos buscando satisfacer la necesidad del cliente como se muestra en las siguientes figuras y su especificación en resistencias. Como lo indica la ilustración 4.

PRODUCTO	INFORMACIÓN TÉCNICA
<p><b>CEMENTO PORTLAND COMPUESTO CPC 30 R/RS</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia mínima a 3 días 20 N/mm<sup>2</sup> (204 Kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Resistencia mínima a 28 días 30 N/mm<sup>2</sup> (306 Kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Tiempo de fraguado: Inicial: 45 minutos (mínimo) Final: 600 minutos (máximo)</li> <li>• Expansión por ataque de sulfatos (máx.%) a un año 0.10</li> </ul>
<p><b>CEMENTO PORTLAND COMPUESTO CPC 30 R</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia mínima a 3 días 20 N/mm<sup>2</sup> (204 Kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Resistencia mínima a 28 días 30 N/mm<sup>2</sup> (306 Kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Tiempo de fraguado: Inicial: 45 minutos (mínimo). Final: 600 minutos (máximo).</li> </ul>
<p><b>MORTERO (CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA)</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor trabajabilidad Las mezclas preparadas son altamente plásticas gracias a la retención de agua; esto facilita su aplicación de manera uniforme, permitiendo corregir irregularidades en las piezas o superficies sobre las que se aplica.</li> <li>• Menor desperdicio Dadas sus características de alta plasticidad y cohesividad, las mezclas se ligan más fácilmente a la superficie, disminuyendo el desperdicio.</li> </ul>

Ilustración 4 Productos

**PRODUCTOS:** Cementos Moctezuma busca un nivel competitivo en el área de la construcción, tanto en el área residencial como en el área industrial, ofreciendo calidad y servicio como se muestra en las ilustración 5.

PRODUCTO	INFORMACIÓN TÉCNICA
<p><b>CEMENTO BLANCO CPO 30 R B</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia Mínima a 28 días 30 N/mm<sup>2</sup> (306 kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Tiempos de Fraguado: Inicial: 45 minutos (mínimo) Final: 600 minutos (máximo)</li> <li>• Color: Blanco</li> </ul>
<p><b>CEMENTO PORTLAND COMPUESTO CPC 40 RS</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia mínima a 28 días 40 N/mm<sup>2</sup> (408 Kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Tiempo de fraguado: Inicial: 45 minutos (mínimo) Final 600 minutos (máximo)</li> <li>• Estabilidad de Volumen en Autoclave Expansión máxima 0.8% Contracción máxima 0.20% Expansión máxima por ataque de sulfatos 0,1% a 1 año</li> </ul>
<p><b>CEMENTO PORTLAND COMPUESTO CPC 40</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia mínima a 28 días 40 N/mm<sup>2</sup> (408 Kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Tiempo de fraguado: Inicial: 45 minutos (mínimo). Final 600 minutos (máximo).</li> <li>• Estabilidad de Volumen en Autoclave: Expansión máxima 0.8% Contracción máxima 0.20%</li> </ul>

Ilustración 5 Productos

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

El Mantenimiento Autónomo surgió en Japón a inicio de los años setenta en la industria automotriz gracias al esfuerzo del Japan Instituto of Plant Maintenance como respuesta a la falta de control de los equipos en los que el avanzado nivel de complejidad tornaba complicada las labores de mantenimiento.

El Mantenimiento Autónomo es una herramienta del Mantenimiento Total Productivo el cual es un modelo de Dirección industrial de tal forma que utilizan la mayoría de la veces de forma sinónima ya que el Mantenimiento Autónomo no es únicamente solo acciones de limpieza o actividades de inspección, planear en forma automática el mantenimiento o aplicar cualquier técnica de análisis sino que el Mantenimiento Autónomo es una estructuración de Gerencia industrial porque abarca toda una cultura organizacional comenzando por la gerencia y el talento humano que busca optimizar los recursos que conforman el proceso de forma productiva que ala ves estos pueden ser optimizados en rendimiento y eficiencia.

En el Mantenimiento Autónomo se toman medidas de dirección para crear espacios para un mejor desarrollo por lo que la dirección es la encargada de tomar las decisiones de cómo se debe estructurar este mantenimiento antes de iniciar actividades operativas y técnicas mediante la investigación y el diagnostico de perdidas, que solo será contra restado con objetivos específicos y planes de desarrollo.

El Mantenimiento Autónomo se orienta a maximizar la eficiencia del equipo, mejorar la eficiencia global estableciendo un sistema de mantenimiento productivo de alcance amplio que cubra la vida entera de los equipos, involucrando a todos y todas las áreas relacionadas para promover el mantenimiento productivo. Se establecerá un sistema que previene perdidas que se puede lograr a través del trabajo de pequeños equipos o grupos voluntarios o personas quienes tendrán a su cargo las tareas de producción, se ocuparan también de las tareas de mantenimiento de los equipos a su cargo así como la prevención de fallas así el operario de producción asume tareas de mantenimiento productivo, incluido la limpieza, así como algunas propias del mantenimiento preventivo como consecuencia de la inspección del estado de los equipos y sus componentes.

Con este planteamiento se mejora simultáneamente las tres componentes de competitividad que son:

- Calidad: si el operario combina el correcto funcionamiento de su equipo con la actividad de producción, obtendrá mejores productos y mayor productividad.
- Costos: la ejecución del Mantenimiento Autónomo desde el puesto de producción aumenta el valor agregado por persona; además con la prevención de fallas del equipo antes de que se produzcan evita que repercuta directamente en los costos.
- Tiempo: la adopción del Mantenimiento Autónomo permite mayor flexibilidad a la producción mediante la adaptación rápida a diversas áreas y a la ejecución e lapsos más cortos, reduciendo el tiempo de proceso.

Para todo se necesita formar y capacitar al operario en aspectos técnicos inherentes a los equipos de planta permitiéndole conocer perfectamente el funcionamiento de su equipo. Cada trabajador debe tener el suficiente conocimiento para detectar la falla de falla o anomalía y a si tener problemas de producción que afecten la calidad.

La filosofía básica del Mantenimiento Autónomo a lo largo del tiempo ha pasado evolucionando en la complejidad de la maquinaria y los equipos productivos. En los principios de las gestiones de mantenimiento, la sencillez de la maquinaria producción no tan exigente permitía que el propio operario llevara a cabo el mantenimiento de sus equipos, conforme aumentaba los niveles de productividad y la tecnología de la maquinaria s tareas del operario se fueron encaminando a solo tener mayor producción; de esta forma se hace necesario la intervención de mantenimiento entrenado y calificado, el cual libra al operario de realizar las tareas más básicas del mantenimiento como lo son la limpieza, la lubricación que trae como consecuencia el descuido por parte del personal productivo reflejado en fallas y averías que da como resultado una eficiencia muy baja.

De todos estos nos lleva a que los os puestos de trabajo sea el encargado de las actividades de mantenimiento y mejora dentro de sus capacidades permitidas y que el mismo equipo lo requiera no olvidando las especificaciones de mantenimiento de cada equipo.

## **2.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

- Mejorar la efectividad de los equipos contando con la participación del personal de producción.
- Mejorar las capacidades y habilidades de los operarios con el fin de alcanzar altos niveles de eficiencia en los procesos de producción.
- Mejorar el funcionamiento general de la organización.

El Mantenimiento Autónomo puede lograrse teniendo presente que se busca la eficiencia y competitividad mediante:

- Combinar el trabajo y mantenimiento en el mismo puesto de trabajo
- Que el trabajador conozca mejor que nadie su equipo y sepa lo que necesita cuando y donde.
- Que el trabajador conozca cuando su equipo está próximo a averiarse y necesite un componente de manera anticipada.

## **2.2 LINEAMIENTOS BÁSICOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

- Emplear el equipo como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento.
- Desarrollar nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de nuevos pensamientos de trabajo.
- Evitar el deterioro acelerado del equipo mediante una operación correcta y se encuentre dentro de los estándares.
- Buscar la mejora del equipo con el talento del operador.

### **Preservación individual de los equipos**

Una de las metas principales del Mantenimiento Autónomo es conservar la condición inicial de los equipos de la empresa evitando el deterioro forzado causado por anomalías. Es por esto que se hace necesario delegar cierto tipo de responsabilidades sobre los operarios, como rutinas de inspección, limpieza, lubricación y detección temprana de anomalías, con el fin de mantener los equipos en óptimas condiciones y asegurar el cumplimiento de los objetivos operativos del Mantenimiento Autónomo.

## **2.3 EXPERTOS OPERADORES DE MÁQUINAS**

El mantenimiento autónomo no solo busca la conservación de los equipos, sino también ayuda a fortalecer los conocimientos, habilidades y competencias de los operarios con el fin de brindarles autonomía y responsabilidad en la toma de decisiones. Acorde con sus competencias los operarios deben estar en la capacidad de realizar un mantenimiento de rutina, lubricación, limpieza e inspección, desarrollando así su habilidad para detectar defectos.

De acuerdo con la filosofía del mantenimiento Autónomo, el operario debe estar en la capacidad de definir qué es normal o anormal en su máquina y tener argumentos suficientes para tomar decisiones pertinentes en caso de que se presente una anomalía. Así mismo, cada operario debe adquirir ciertas habilidades necesarias a través de un entrenamiento continuo:

- Habilidad para encontrar y mejorar los defectos de su máquina.
- Habilidad para entender la estructura de su equipo, sus funciones y encontrar las causas de las anomalías que se presenten.
- Habilidad para entender la relación que existe entre equipo y calidad, encontrando así posibles fallas que afecten la calidad del producto y sus causas.

## **2.4 CONCEPTOS DE IMPLEMENTACIÓN**

Debido al constante mejoramiento y aumento de la complejidad de las instalaciones, las funciones de mantenimiento han sido diversificadas gradualmente. Esto ha tenido como resultado una clara división entre la operación y el personal de mantenimiento, lo cual reduce la

Eficiencia de los equipos.

El mantenimiento autónomo tiene como propósito mejorar las diferencias entre los operarios y los técnicos de mantenimiento, utilizando como herramienta la filosofía de “cero defectos, cero fallas, cero perdidas”, aumentando así la eficiencia de los procesos productivos y la rentabilidad de la compañía. Todo esto puede llevarse a cabo sólo si todas las personas involucradas en el proceso productivo logran cambiar su forma de pensar y actuar, además de mejorar las condiciones de los equipos.

## **2.5 FUNCIONES GENERALES DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO**

El personal de mantenimiento no debe adoptar una posición pasiva de “hacer solo lo que les digan que deben hacer”, muy seguramente recibirán una gran cantidad de órdenes de reparación en donde los operarios esperan una solución lo más pronto posible.

Tanto el personal de mantenimiento como los operarios deben entender la posición del otro y ayudarse mutuamente. Las metas de mantenimiento autónomo establecidas pueden alcanzarse solo cuando estas dos partes se colaboran entre sí y trabajan en equipo para aumentar la eficiencia de las máquinas.

## **2.6 ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN**

Son aquellas actividades enfocadas a la prevención y reparación de fallas en los equipos. Existen dos actividades principales de conservación que permiten el cumplimiento de los objetivos exitosamente:

- Primero, el equipo debe mantener las condiciones básicas necesarias para su adecuada operación.
- Segundo, es necesario realizar mantenimiento de rutina, mantenimiento periódico, y mantenimiento predictivo a los equipos.

## **2.7 ACTIVIDADES DE MEJORA**

Son aquellas actividades enfocadas hacia aumento de la vida útil de los equipos, a la disminución del tiempo medio de reparaciones y a la eliminación del mantenimiento. Entre estas actividades se encuentran:

- Mantenimiento correctivo, el cual mejora la mantenibilidad y la confiabilidad de los equipos, y las mejoras continuas enfocadas a la prevención del mantenimiento, que tiene como objetivo diseñar equipos que no necesiten de mantenimiento.

### **2.7.1 ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DEL PERSONAL DE PRODUCCIÓN**

Los operarios de la planta deben realizar ciertas actividades de mantenimiento autónomo enfocadas hacia la conservación de los equipos.

Estas actividades se dividen en:

- Actividades para la prevención del deterioro.
- Actividades para medir el deterioro en los equipos.
- Actividades para disminuir el deterioro.

Es importante entender y tener en cuenta el propósito de cada una de estas actividades individualmente. El objetivo global del mantenimiento autónomo no puede ser alcanzado si alguna de estas actividades es descuidada.

## **2.7.8 ACTIVIDADES PARA PREVENIR EL DETERIORO**

- Operación correcta del equipo (prevención de errores humanos).
- Mejora de las condiciones básicas de limpieza, lubricación y ajuste.
- Ajuste en las principales actividades de operación, especialmente en la puesta punto y en la prevención de defectos de calidad.
- Prevención y detección temprana de anomalías.
- Registro de los datos de mantenimiento para prevenir que las fallas vuelvan a presentarse.

### **2.7.8.1 ACTIVIDADES PARA MEDIR EL DETERIORO**

(Principalmente utilizando los cinco sentidos)

- Rutina de inspección diaria.
- Inspección periódica por medio de estándares.

## **2.8 ACTIVIDADES PARA CORREGIR EL DETERIORO**

- Mejoras menores: reemplazo de repuestos y decisiones de emergencia cuando se presenten anomalías.
- Notificación rápida de fallas y mal funcionamiento de los equipos al personal de mantenimiento.
- Asistencia en reparaciones esporádicas.

El mejoramiento de las condiciones básicas de limpieza, lubricación y ajuste, para la prevención del deterioro forzado, y la inspección de rutina de los equipos, y medir el deterioro natural, son unas de las actividades más importantes del operario dentro del sistema de mantenimiento autónomo. La participación de todos los operarios es esencial para la implementación efectiva de las actividades de prevención, medición y corrección del deterioro natural y forzado, esto debido a que son ellos quienes pasan largas horas operando los equipos y por ende aprenden a conocer la máquina profundamente.

## **2.9 ACTIVIDADES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.**

El personal de mantenimiento tiene la responsabilidad de cumplir con las siguientes actividades:

### **Actividades de mantenimiento principales de la planta.**

El personal de mantenimiento debe tener prioridad sobre el área en donde se requiera más conocimiento técnico, como por ejemplo mantenimiento periódico programado,

mantenimiento predictivo, y mantenimiento correctivo. Además debe esforzarse en mejorar la mantenibilidad, operatividad y seguridad de los equipos.

### **Soporte de las actividades de mantenimiento autónomo**

Las actividades de prevención del deterioro son las más importantes en la implementación de un sistema mantenimiento autónomo, pero estas actividades son exitosas si el personal de mantenimiento proporciona la asistencia y la orientación necesaria para que los operarios lleven a cabo su labor.

Los operarios pueden esperar las siguientes actividades de asistencia y orientación por parte de los técnicos de mantenimiento:

- Orientación acerca de la estructura y funcionamiento del equipo, nombre de las partes y partes que pueden ser desmontadas
- Orientación en lubricación y estándares
- Orientación en técnicas de inspección y preparación de estándares de inspección
- Solución rápida a órdenes de trabajo para corregir anomalías o lugares de difícil acceso

Ejecución de actividades diarias como reuniones en la mañana, tareas requeridas de mantenimiento, etc.

### **Condiciones básicas para mantenimiento autónomo**

El mejoramiento de las condiciones básicas de los equipos es el componente más importante de las actividades de prevención de deterioro. La mayoría de fallas son resultado del deterioro de componentes del equipo que provocan paradas esporádicas e inesperadas.

El deterioro puede ser clasificado en:

- Deterioro natural, que disminuye el promedio de vida útil de los equipos.
- Deterioro forzado, el cual es causado principalmente por errores humanos, falta de mantenimiento programado y acumulación de suciedad.

Mantener los equipos en condiciones ideales implica la eliminación de las causas del deterioro forzado y la ejecución rigurosa de las actividades de limpieza, lubricación, ajuste, mantenimiento y control. La eliminación del deterioro forzado por medio de actividades de limpieza (remover polvo, manchas y exposición de defectos potenciales) lubricación (prevenir desgastes e incendios eliminando fugas de aceite), y ajuste (impedir la pérdida de pernos y tornillos), hace referencia a condiciones ideales de los equipos.

### **Situación ideal**

La situación ideal representa aquellas condiciones en las cuales la función del equipo y sus propiedades son demostradas y sostenidas en el grado más alto.

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

### **3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

A continuación se describen los pasos de mantenimiento Autónomo aplicados al área de compresores. Para la aplicación de estos pasos se capacita al personal involucrado.

#### **PASO 1: LIMPIEZA E INSPECCIÓN**

El objetivo principal de este paso es conseguir que los operarios detecten fallas en los equipos, por medio de la limpieza, bajo el lema de “Limpiar es inspeccionar”. Es importante que cada operario tenga claro el papel que juega la limpieza del equipo dentro del sistema de mantenimiento autónomo.

La limpieza implica remover suciedad, polvo, manchas de aceite, residuos y cualquier otra sustancia externa. Por medio de estas actividades de limpieza muchos defectos como fugas, pérdidas, daños, etc., quedarán expuestos a la visibilidad tanto de los operarios como de los técnicos de mantenimiento.

No se puede asumir que la limpieza ha sido realizada exitosamente sólo si la apariencia exterior de la máquina queda reluciente, muchos problemas son consecuencia de limpieza insuficiente. Es muy común actualmente que la mayoría de los casos de detección de defectos se presentan cuando la limpieza se aplica a cada parte del equipo. Los puntos a tener en cuenta en la limpieza son:

Elementos de protección personal para realizar la limpieza

- Los operadores deben incluir la limpieza como parte de su propio trabajo.
- Limpiar toda la suciedad acumulada por muchos años.
- Abrir tapas y zonas cubiertas que no sean visibles y remover toda la suciedad de cada una de las parte del equipo.
- Remover la suciedad no solo de la máquina, sino también de todos los equipos auxiliares.
- No abandonar los planes de limpieza ya que el equipo estará sucio y manchado en muy poco tiempo. Por lo contrario, establecer cuanto tiempo después de la limpieza el equipo estará otra vez sucio y así programar jornadas de limpieza periódicas.

Es importante que los operarios aprendan a detectar anomalías en los equipos. Son necesarias capacitaciones, ofrecidas por los técnicos de mantenimiento a los operarios,

en temas relacionados con el mantenimiento autónomo para profundizar sus conocimientos.

Durante la limpieza se pueden detectar defectos por medio de la inspección utilizando los sentidos, realizando actividades como, ver, tocar, oír, mover el equipo y observar los movimientos durante la operación.

La mejor estrategia para encontrar defectos en los equipos es hacer una lista de chequeo en donde se expongan los diferentes puntos críticos de la máquina, verificando que todo se encuentre en orden.

Los factores a verificar en la lista de chequeo deben ser seleccionados teniendo en cuenta el estado de la máquina y su funcionamiento, incluyendo lugares en donde es difícil limpiar y factores externos que puedan influir en el desempeño del equipo, etc.

## **PASO 2: MEJORAS CONTINUAS**

Este paso está diseñado para eliminar la causa raíz de los defectos encontrados y mejorar aquellos lugares en donde la limpieza y la lubricación son difíciles de llevar a cabo o se realizan por fuera del tiempo objetivo establecido.

Además, se deben desarrollar o profundizar las capacidades de los operarios y de esta manera otorgarles confianza en sí mismos para que planteen soluciones de mejora, incluso en un nivel de conocimiento más alto.

## **PASO 3: TRABAJO ESTANDARIZADO**

El objetivo principal de este paso es aumentar la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos preparando unos estándares de limpieza provisionales, revisando de las condiciones de lubricación, mejorando los defectos y los puntos de dificultad para la inspección y lubricación.

Estos estándares son temporales y son utilizados para detectar defectos y así poder implementar mejoras.

## **PASO 4: PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES DE LUBRICACIÓN**

Para elaborar los estándares temporales de lubricación es necesario tener en cuenta:

- Identificar los puntos que deben ser lubricados. se recomienda dibujar un diagrama o ruta de lubricación con el fin de identificar las partes de la máquina que deben ser lubricadas. También, se debe elaborar una tabla de identificación de puntos de lubricación con el fin de que todos los operarios cuenten con un instructivo de lubricación a seguir.

- Cantidad de lubricante. Revisar si la cantidad de consumo de lubricante por semana o por día es la adecuada, y si el consumo en cada lubricación es apropiado.

### **3.2 HIPÓTESIS**

¿Será que al realizar la propuesta para el Manual de Mantenimiento Autónomo para la Industria Cementos Portland Moctezuma, se disminuirán los paros en el proceso de producción, se ampliarán los pedidos y además propicie a la creación de un programa de capacitación para los empleados?

### **3.3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA Y RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se determina efectuar el mantenimiento al compresor 1Z05 por lo siguiente:

-Por la acumulación de horas en marcha

-Por el número tan elevado en su relé de carga

Será que al realizar la propuesta para el Manual de Mantenimiento Autónomo para la Industria Cementos Portland Moctezuma, se disminuirán los paros en el proceso de producción, se ampliarán los pedidos y además propicie a la creación de un programa de capacitación para los empleados?

Será que al realizar la propuesta para el Manual de Mantenimiento Autónomo para la Industria Cementos Portland Moctezuma, se disminuirán los paros en el proceso de producción, se ampliarán los pedidos y además propicie a la creación de un programa de capacitación para los empleados?

En la Ilustración N° 7 nos muestra como está constituido un compresor de tornillo donde NU2208: rodamiento del rotor, NU2215: separador, NJ16: rotor macho, 7216BMPU: Piñón, NU2231: rodamiento del rotor, NU2215: separador.

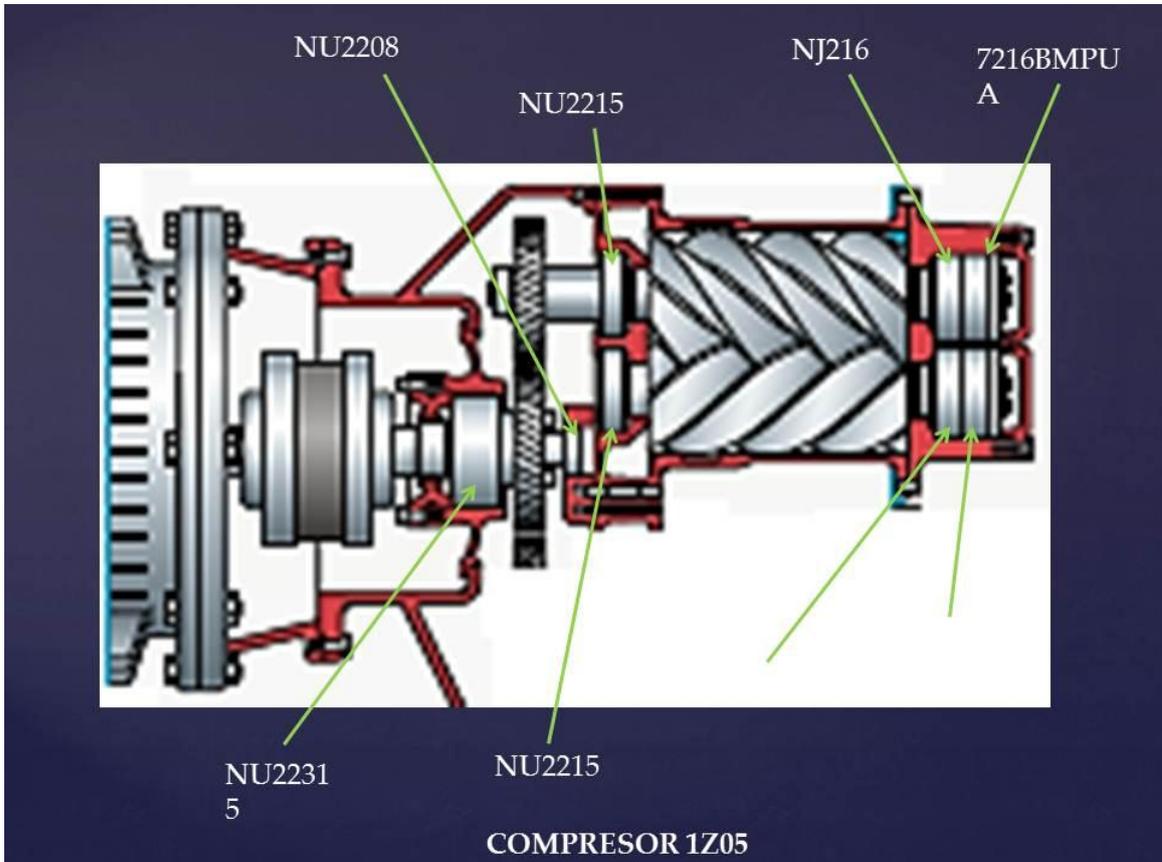


Ilustración 5 compresor 1205

En la ilustración N° 9 nos muestra en orden decreciente, la contribución relativa de cada parte en el efecto total de arranques de cada compresor.

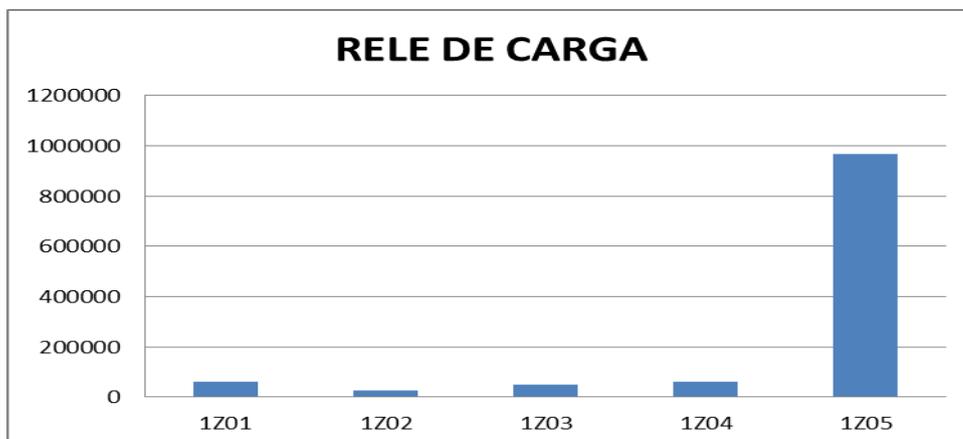


Ilustración 6 RELE DE CARGA "OVERHAUL"

En la fig. 10 Se puede observar las variables de hora en marcha de cada compresor, este historial de trabajo nos ayuda a identificar los servicios a tiempo e cada compresor que este caso es el compresor 1Z05 que trabaja con mayor frecuencia.

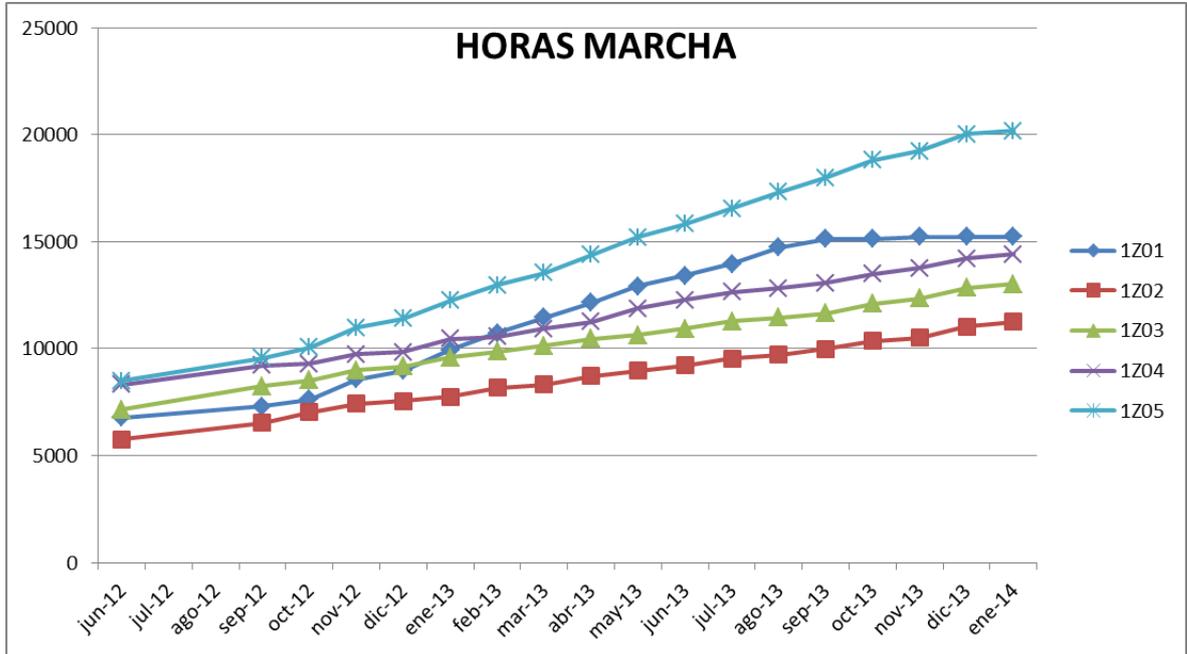


Ilustración 7 HORAS MARCHA COMPRESOR OVERHAUL

Es importante tener una base de costos de cada servicio que se realiza a cada compresor, en este caso utilizamos una cotización hecha por una compañía externa que ha realizado este servicio al sistema de compresores como se muestra en la ilustración 10.

1Z05 OVERHAUL	COSTOS
<b>Mano de obra</b>	\$ 36,400
<b>Refacciones:</b>	\$ 120,063
<b>Adicional reparar eje y engrane</b>	\$26,870
<b>total</b>	<b>\$ 178,270</b>

Ilustración 10 COSTOS "COMPRESOR OVERHAUL"

La adquisición de refacciones también es muy importante ya que se debe tener un respaldo por alguna posible causa, por lo que también es importante saber cuánto nos costara cada refacción, como lo muestra la ilustración 11.

<b>Filtro de aire</b>	<b>\$2233.1</b>
<b>Filtro de aceite</b>	<b>\$2820.32</b>
<b>Filtro de separador</b>	<b>\$23914</b>
<b>Aceite</b>	<b>\$9555</b>
<b>Kit de overhaul</b>	<b>\$38,053.</b>
<b>Kit de transmisión</b>	<b>\$15,262</b>
<b>Kit de sellos</b>	<b>\$4,539</b>
<b>Kit de montaje</b>	<b>\$2057</b>
<b>Kit de servicio de 8000 horas.</b>	<b>\$19,350.</b>

Ilustración 8 COSTOS MANTO. A COMPRESOR "OVERHAUL"

### 3.4 SELECCIÓN DEL INSTRUMENTO

- Check list
- Hoja de autocontrol
- Hoja de control
- Esquema de falla
- Orden de trabajo
- Hoja de control para proveedores externos
- Orden de trabajo

Estas herramientas son de ayuda en el trabajo ya que están diseñadas para reducir los errores provocados por los potenciales límites de la memoria y la atención. Ayudan a asegurar la consistencia y exhaustividad en la realización de una tarea.

### **3.5 PREPARACIÓN DE DATOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

**OBJETIVO:** Las ejecuciones diarias de limpieza, lubricación, ajuste e inspección y apoyo en el programa de mantenimiento preventivo y correctivo incluidas la detención temprana de anomalías.

#### **POLÍTICAS:**

Los operarios deben conocer la estructura interna de los equipos, el funcionamiento de las máquinas y los problemas que se pueden presentar en su operación y perjuicios causados por el depósito de polvo y mala limpieza, falta de apriete de tornillería y pernos, como también los problemas que se presentan por falta de mantenimiento y lubricación.

-Manual de situaciones anormales, se trata de un documento en el que se muestra los esquemas de los equipos, su estructura de componentes, análisis de posibles causas de deterioro, defectos potenciales de calidad, paro no programados, orden y limpieza.

-La inspección se realiza para descubrir cualquier tipo de situación anormal en el equipo.

-Las averías deben de corregirse inmediatamente para establecer las condiciones básicas del equipo. Aplicando en procedimiento de solicitud de mantenimiento.

### **LINEAMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

- 1.-El jefe de mantenimiento identifica los equipos sujetos a mantenimiento autónomo
- 2.-El jefe de mantenimiento utiliza la información técnica disponible del equipo.
- 3.-El jefe de mantenimiento elabora la hoja de revisión de mantenimiento autónomo, registrando las actividades básicas de limpieza, lubricación, ajuste e inspección.
- 4.-El operador de equipo realiza las actividades de acuerdo a la hoja de revisión la cual deberá ser pedida diariamente y por turno. Esta será suministrada semanalmente.
- 5.-El supervisor de producción verifica el cumplimiento de la hoja de revisión retroalimentada al jefe de mantenimiento.
6. El jefe de mantenimiento verifica el cumplimiento de la hoja de revisión, debe ser remplazada cada semana con su respectivo análisis.
7. El operador del equipo al realizar las actividades contenidas en la hoja de revisión, en caso de detectar alguna falla, reporta esta al supervisor de producción.

8. El supervisor de producción elabora solicitud de mantenimiento entregándola al departamento de mantenimiento.
9. El jefe de mantenimiento registra solicitud de mantenimiento en bitácora de solicitud de mantenimiento.
10. El jefe de mantenimiento genera OT.
11. El técnico de mantenimiento y /o contratista recibe la OT procediendo a su análisis y ejecución.
12. El almacenista hace entrega de materiales y/o refacciones.
13. El operador del equipo recibe trabajo mediante firma de conformidad.
14. El jefe de mantenimiento una vez registrada la OT en la bitácora de solicitud de mantenimiento y si se justifica en historial.

### **PROCEDIMIENTO**

1. Reunir en la sala de compresores a todos los integrantes para la limpieza inicial.
2. Explicar la agenda establecida en la reunión de preparación.
3. Verificar que los, materiales necesarios para el área sean los necesarios.
4. revisar los conceptos en mantenimiento autónomo con todo el equipo de trabajo.
5. Explicación teórica de la aplicación del Mantenimiento autónomo al sistema de compresores.
6. Presentar los objetivos de limpieza inicial y los criterios de su realización.
7. Dar explicaciones sobre el equipamiento y sobre los cuidados de seguridad que serán adoptados.
8. Explicar las partes principales del sistema de compresores sus funciones e importancia para el proceso.
9. Realizar mejoras en el equipo en base a las anomalías encontradas.
10. Investigar el origen de la anomalía y adoptar las medidas necesarias que nos eliminen el problema.
11. Eliminar suciedad, derrames de aceite o agua, vibración, entradas de polvo, tornillería floja o en mal estado.
12. Eliminar lugares de difícil acceso mediante la instalación de filtros, registros de inspección, colocar en posición los instrumentos de lectura como lo son manómetros, niveles de aceite, medidores de flujo).
13. Señalar indicadores mínimos y máximos en presión, temperatura, niveles de aceite, posiciones de válvulas y advertencias de riesgo en el área tanto explicando a los operadores que pasaría en el caso de incumplimiento.

14. Realizar un check list que permita identificar que las revisiones se están efectuando teniendo en cuenta la frecuencia de cada actividad, duración y responsable, así como el tiempo requerido.
15. Realizar un levantamiento de puntos: neumáticos, hidráulicos, sistemas eléctricos y mecánicos que necesiten ser incluidos en el mantenimiento autónomo.
16. Aclarar dudas que se tengan en los sistemas antes mencionados con personal de planta especializados en mecánica, electricidad e instrumentación.
17. Elaborar una lista de los repuestos e insumos de consumo más frecuentes.
18. Elaborar una estadística de tiempos de paro, tipos de falla, tiempo entre fallas, tiempo promedio de buen funcionamiento.

**Tabla 1 PROCEDIMIENTO MANTO AUTÓNOMO**

### **Limpieza inicial**

Mediante de la limpieza minuciosa se inspeccionarán las máquinas y equipos conservando su funcionamiento, las anomalías que presenta, la restauración y deterior que puede haber por suciedad en el ambiente de trabajo

### **Medidas contra anomalías**

Las anomalías detectadas deberán ser resueltas en el turno correspondiente salvo que su complejidad o repuestos amerite más tiempo, realizando un check list de las fuentes y causas del problema.

### **Estándares provisionales**

Establecer un procedimiento básico de inspección, limpieza, ajuste o lubricación de los equipos.

### **Inspección general**

Realizar rutinas diarias de los equipos para que el operador detecte fallas en sus equipos y pueda analizar la gravedad del equipo.

### **Inspección autónoma**

Realizar los estándares provisionales haciéndolos cada vez más eficientes y las inspecciones generales minuciosamente con seguridad y eficacia.

### **Estandarización**

Hacer que el Mantenimiento autónomo en los equipos de trabajo sea mediante de un cronograma establecido de actividades que se deberán realizar en tiempo y forma iguales.

### **Control autónomo**

Pasar el mantenimiento al ambiente circundante del equipamiento estableciendo al mismo tiempo métodos de control de la calidad del Mantenimiento autónomo realizado y mejoras en lo referente a la calidad y seguridad.

**Formato diario o rutinario** Serán llevados por el encargado del mantenimiento de área y no podrán ser modificados o corregidos, donde será registrado el status del equipo y tipo de anomalía.

## INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO A MAQUINARIA

### PROBLEMAS, CAUSAS Y POSIBLES SOLUCIONES.

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS	CORRECCION
<ul style="list-style-type: none"> <li>MOTOR NO DA PARTIDA ACOPLADO NI DESACOPADO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mínimo dos cables están sueltos en la conexión</li> <li>Rotor está bloqueado</li> <li>Soporte dañado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar el tablero de comando, los cables de conexión, los bornes.</li> <li>Sustituya el soporte</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>MOTOR PARTE EN VACÍO, PERO AL APLICARLE CARGA, PARTE MUY LENTAMENTE Y NO ALCANZA LA ROTACIÓN NOMINAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Torque de carga muy grande durante la partida.</li> <li>Tensión d alimentación muy baja.</li> <li>Caída muy grande de la tensión en los cables de conexión.</li> <li>Rotor con barras falladas o interrumpidas.</li> <li>Un cable de conexión quedo interrumpido después de la partida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No aplicar carga en la maquina accionada durante la partida.</li> <li>Medir la tensión de alineamiento, ajustar el valor correcto.</li> <li>verificar el cálculo de la instalación.</li> <li>Verificar y arreglar las bobinas del rotor.</li> <li>verificar los cables de conexión.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-LA CORRIENTE DEL ESTATOR OSCILA EN CARGA CON EL DOBLE DE FRECUENCIA DE DESLIZAMIENTO, EL MOTOR PRESENTA ZUMBIDO EN LA PARTIDA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bobina del rotor está interrumpido.</li> <li>Problemas en las escobas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar y arreglar la bobina del rotor y dispositivo de corto circuito.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-LA CORRIENTE EN VACÍO ESTÁ MUY ALTA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensión de conexión muy elevada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medir tensión de conexión y ajustarle al valor correcto.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-CALENTAMIENTOS LOCALIZADOS EN LAS BOBINAS DEL ESTATOR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corto circuito entre espiras. -</li> <li>Interrupción de alambres paralelos o fases de las bobinas del estator.</li> <li>Conexión deficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rebobinar.</li> <li>Rehacer la conexión</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-CALENTAMIENTO LOCALIZADO EN EL ROTOR.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interrupciones en las bobinas del rotor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arreglar las bobinas del rotor o sustituirlas.</li> </ul>

Tabla 2 INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO A MAQUINARIA

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS	CORRECCION
-RUIDO ANORMAL DURANTE EL FUNCIONAMIENTO EN CARGA.	-Causas mecánicas. -Causas eléctricas.	-El ruido normalmente disminuye con la caída de rotación; vea también: "funcionamiento ruidoso cuando desacoplado". -El ruido desaparece al desconectarse el motor. Consultar el fabricante.
- CUANDO ACOPLADO APARECE RUIDO; DESACOPLADO EL RUIDO DESAPARECE	- Defecto en los componentes de transmisión o en la máquina accionada. -Defecto en la transmisión del engranaje -Base desnivelada. -Balanceamiento deficiente de los componentes o de máquina accionada.	- Verificar la transmisión de fuerza, el acoplamiento y el alineamiento. -Alinear el accionamiento. -Realignar/nivelar el motor y la máquina accionada. -Hacer nuevo balanceamiento. -Invertir las conexiones de dos fases.
- BOBINAS DEL ESTATOR CALIENTAN MUCHO CON CARGA MUY BAJA	-Refrigeración insuficiente debido a los canales de aire sucios. -Sobrecarga. -Elevado número de partidas o momento de inercia muy alto. -Tensión muy alta, como consecuencia, las pérdidas en el hierro son muy altas. -Tensión muy baja, como consecuencia la corriente es muy alta. -Interrupción en un cable de conexión o en una fase de la bobina. -Rotor se arrastra contra el estator. -La condición de trabajo no condiciona a los datos de la plaqueta de identificación. -Desequilibrio en la alimentación (fusible quemado, comando errado). -Bobinas sucias. -Conductos de aire interrumpidos. -Filtro de aire sucio. -Sentido de giro no compatible con el Ventilador utilizado	-Abrir y limpiar los canales de pasaje de aire. -Medir la corriente del estator, disminuir la carga, analizar la aplicación del motor. -Reducir el número de partidas. -No ultrapasar a 110% de la tensión nominal, salvo especificación en la plaqueta de identificación. -Verificar la tensión de alimentación y la caída de tensión en el motor. -Medir la corriente en todas las fases y corregir. -Verificar el entrehierro, condiciones de funcionamiento (vibraciones...), condiciones de los soportes. -Mantener la condición de operación conforme plaqueta de identificación, o reducir la carga. -Verificar si hay desequilibrio de las tensiones o funcionamiento con dos fases y corregir. -Limpiar el elemento filtrante. - -Analizar el ventilador en función del sentido de giro del motor

Tabla 3 INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO A MAQUINARIA (RUIDO)

ANORMALIDAD	POSIBLES CAUSAS	CORRECCIÓN
<b>-OPERACIÓN RUIDOSA CUANDO ESTA DESACOPLADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desbalanceamiento.</li> <li>-Interrupción en una fase del bobinado del estator.</li> <li>-Tornillos de fijación sueltos.</li> <li>-Las condiciones de balanceamiento del rotor empeoran después del montaje del acoplamiento.</li> <li>-Resonancia de la fundación.</li> <li>-Carcaza del motor destorcida.</li> <li>-Eje torcido.</li> <li>-Entrehierro desigual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El ruido continuo durante la desaceleración después de desconectar la tensión; hacer nuevo balanceamiento.</li> <li>-Medir la entrada de corriente de todos los cables de conexión.</li> <li>-Reapretar y trabar los tornillos.</li> <li>-Balancear el acoplamiento.</li> <li>-Ajustar la fundación.</li> <li>-Verificar si la base es plana.</li> <li>-El eje puede estar torcido; verificar el balanceamiento del rotor y la excentricidad.</li> </ul>
<b>DEFECTO</b>		
<b>- MOTOR DE ANILLAS FUNCIONANDO A UNA VELOCIDAD BAJA CON RESISTENCIA EXTERNA DESCONECTADA.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cables mal dimensionados entre el motor y el reostato.</li> <li>-Circuito abierto en los bobinados del rotor (incluyendo conexiones con reostato).</li> <li>-Suciedad entre la escoba y la anilla colectora.</li> <li>-Escobas presas en el alojamiento.</li> <li>-Presión incorrecta sobre las escobas.</li> <li>-Escobas mal asentadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redimensionar los cables.</li> <li>-Hacer un test de continuidad.</li> <li>-Limpiar las anillas colectoras y el conjunto aislante.</li> <li>- Verificar la movilidad de las escobas en los alojamientos.</li> <li>-Verificar la presión sobre cada escoba y corregir, si es necesario.</li> <li>-Limpiar, lijar y pulir o torneear, cuando necesario.</li> <li>-Adecuar las escobas a la condición de la carga.</li> <li>-Asentar correctamente las escobas.</li> </ul>
<b>- CENTELLAMIENTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Escobas mal asentadas.</li> <li>-Presión baja entre escobas y anillas.</li> <li>-Sobrecarga.</li> <li>-Anillas colectoras en mal estado (abalizadas, superficies ásperas).</li> <li>-Escobas presas en los alojamientos.</li> <li>-Vibración excesiva.</li> <li>-Baja carga provocando daños a los anillos colectores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Corregir el asentamiento de las escobas y establecer la presión normal.</li> <li>-Adecuar la carga a las características del motor o dimensionar un nuevo motor para dada aplicación.</li> <li>-Resinar las anillas colectoras.</li> <li>-Verificar la movilidad de las escobas en sus alojamientos.</li> <li>-Verificar origen de la vibración y corregir.</li> <li>-Condicionar las escobas a la real condición de carga y torneear los anillos colectores.</li> </ul>
<b>- MOTOR RONCA DURANTE EL FUNCIONAMIENTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamiento dañados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituya el rodamiento.</li> </ul>
<b>- RUIDOS MODERADOS EN EL RODAMIENTO, PUNTOS OPACOS, FORMACIÓN DE RANURAS EN LAS PISTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamiento fue montado en una posición mala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar el asiento en el eje y substituir el rodamiento.</li> </ul>

Tabla 4 INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO A MAQUINARIA (MOTOR)

ANORMALIDAD	POSIBLES CAUSAS	CORRECCIÓN
<b>- ALTO RUIDO DEL RODAMIENTO Y UN CALENTAMIENTO MAYOR DEL RODAMIENTO.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidación en la jaula, pequeños pedazos de metal en la grasa, formación de fallas en las pistas debido a la deficiencia de la grasa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hacer limpieza y reemplazar según las prescripciones, substituir el rodamiento.</li> </ul>
<b>-CALENTAMIENTO DE LOS RODAMIENTOS.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grasa en exagero.</li> <li>- Excesivo esfuerzo axial o radial de la correa.</li> <li>- Eje torcido/vibración excesiva.</li> <li>- Falta de grasa.</li> <li>- Grasa endurecida ocasionando trabamiento de las esferas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar el tapón de escape de la grasa y dejar el motor funcionando hasta que se vea salir el exceso de la grasa.</li> <li>- Disminuir el esfuerzo de la correa.</li> <li>- Corregir el eje y verificar el balanceamiento del rotor.</li> </ul>
<b>- MANCHAS OSCURAS EN UN LADO DE LA PISTA DEL RODAMIENTO POSTERIORMENTE RANURAS.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuerza axial muy grande</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examinar las relaciones de accionamiento y acoplamiento</li> </ul>
<b>- LÍNEAS OSCURAS EN LAS PISTAS O RANURAS TRANSVERSALES BASTANTE JUNTAS; EN EL CASO DE RODAMIENTO DE ESFERA, MARCAS PUNTIFORMES.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circulación de corriente por los soportes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpie y substituya el aislamiento del soporte. Coloque aislamiento, si no hay.</li> <li>- Desviar la corriente evitando que pase por los rodamientos.</li> </ul>
<b>- SURCOS EN LAS PISTAS, POSTERIORMENTE CLAROS. - MARCAS EN LA DIVISIÓN DE LOS ELEMENTOS CILÍNDRICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vibraciones externas, principalmente cuando el motor está parado por un largo tiempo.</li> <li>- Falta de mantenimiento durante el almacenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-De tiempo en tiempo girar el rotor del motor parado para otra posición, principalmente tratándose de motor reserva.</li> </ul>

Tabla 5 INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO A MAQUINARIA (RONDAMIENTO)

• ANORMALIDAD	CORRECCIÓN
• SOBRECARGA DISPARADA O FUSIBLE FUNDIDO	Volver a fijar el sobre carga, reemplazar los fusibles, buscar las causas de la dificultad, y remediar.
• INTERRUPTOR ABIERTO	Cerrar el interruptor
• FALTA DE GAS EN UN SISTEMA OPERADO POR CONTROL DE BAJA PRESIÓN	Sin gas en el sistema, no hay suficiente presión para activar el control de baja presión. Cargar el sistema y eliminar el escape.
• SOLENOIDE CERRADA	Examinar la bobina de sustentación. Si está defectuosa o quemada, reemplazarla.
• CONTROLES DE SEGURIDAD, CONTROL DE ALTA PRESIÓN, INTERRUPTOR DE SEGURIDAD DE PRESIÓN DEL ACEITE DEFECTUOSO.	La válvula de descarga de servicio puede estar cerrada parcialmente. Verificar el nivel de aceite. Fijar de nuevo botón de control. Buscar alambrados defectuosos.
• MOTOR FUNDIDO O DEFECTUOSO.	Verificar la causa interna o externa o reemplazarlo.
• COMPRESOR ATASCADO.	Determinar la situación y la causa para reparar o reemplazar.
• EL COMPRESOR NO DESCARGA PARA ARRANCAR.	Verificar el nivel de aceite y la presión; también la capacidad del mecanismo de control. Examinar los pistones del descargador.
• FUNCIONAMIENTO DEFECTUOSO DEL CIRCUITO DE CONTROL	Localizar el control abierto y determinar la causa

Tabla 6 INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO A MAQUINARIA (VARIAS ANORMALIDADES)

## TEMPERATURA DEL COMPRESOR ALTA

• ESCASEZ DE REFRIGERANTE.	Reparar la fuga y recargar.
• CONTROL FIJADO DEMASIADO ALTO.	Fijar de nuevo el control
• COLADOR O VÁLVULA DE EXPANSIÓN ATASCADA.	Examinar las válvulas y pistones.
• COMPRESOR INEFICIENTE.	Examinar las válvulas.
• VÁLVULA DE EXPANSIÓN DEMASIADO ALTA.	Fijarla más abajo.
• SERPENTÍN HELADO O SUCIO.	Descargarlo y limpiarlo.
• SERPENTINES DE ENFRIAMIENTO DEMASIADO PEQUEÑOS.	Instalar un serpentín adicional o reemplazarlo.
• UNIDAD DEMASIADO PEQUEÑA.	Reemplazarlo por una unidad mayor.
• VÁLVULA DE EXPANSIÓN DEMASIADO PEQUEÑA.	Elevar la presión de succión con una válvula mayor.
• LÍNEAS DE GAS RESTRINGIDAS O PEQUEÑAS.	Eliminar la restricción o aumentar el tamaño de la línea.

Tabla 7 INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO A MAQUINARIA (TEMPERATURA)

## COMPRESOR RUIDOSO

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>BASE DEMASIADO LIGERA, O PERNOS SUELTOS O FIJOS</b></li> </ul>	Examinar el tamaño de la base. Apretar los pernos.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DEMASIADO ACEITE EN CIRCULACIÓN, QUE CAUSA GOLPES HIDRÁULICOS.</b></li> </ul>	Examinar el nivel de aceite. Remover el exceso si lo hay. Examinar el aceite en la espita de prueba de refrigerante.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FUNCIONAMIENTO IRREGULAR DEBIDO AL REFLUJO DE REFRIGERANTE.</b></li> </ul>	Examinar la situación del bulbo térmico y su atadura. Fijar de nuevo la válvula de expansión. Obturar la línea de succión de modo que el refrigerante no refluya en el ciclo de regreso.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>PIEZAS GASTADAS, TALES COMO PISTONES, PASANTES DE LOS PISTONES, O VARILLAS DE CONEXIÓN.</b></li> </ul>	Determinar dónde radica la dificultad. Reparar o reemplazar el compresor.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>RESTRICCIÓN DE LA LÍNEA.</b></li> </ul>	Asegure sé que la válvula de descarga está bien abierta, o instalar un silenciador.

Tabla 8 COMPRESOR RUIDOSO

## RUIDO DE AIRE

• <b>OBSTRUCCIÓN AGUDA EN LA CORRIENTE DE AIRE</b>	Limpiar y pulir las superficies internas de los conductos.
• <b>PEQUEÑAS RAJADURAS O ABERTURAS EN EL CONDUCTO.</b>	Alisar los bordes. Cerrar todos los orificios o aberturas.
• <b>VELOCIDAD DEL VENTILADOR DEMASIADO ALTA EN RELACIÓN CON EL NIVEL DE RUIDO Y EL SISTEMA.</b>	Disminuir la velocidad del ventilador, si es posible, o instalar material que absorba el sonido en los conductos. (El aislamiento de sonido deberá ser material incombustible.)
• <b>OBSTRUCCIÓN EN LAS SALIDAS.</b>	Remover la obstrucción si es posible sin alterar el equilibrio del sistema. Si no es posible efectuar la remoción, tratar de cambiar la situación del ángulo.
• <b>VELOCIDAD DEL AIRE DEMASIADO ALTA EN LAS SALIDAS.</b>	Restablecer el equilibrio del aire en el sistema.

### CORRIENTES

• <b>POBRE DISTRIBUCIÓN DE AIRE</b>	Reajustar las rejillas y salidas de aire.
• <b>TEMPERATURA AMBIENTE DEMASIADO BAJA.</b>	Comprobar la graduación del termostato, el amortiguador de retorno de aire.

Tabla 9 COMPRESOR CON RUIDO DE AIRE

## CHIRRIDOS Y OTROS RUIDOS

• POLEAS FLOJAS.	Apretarlas.
• SUCIEDAD EN LOS COJINETES.	Limpiarlos.
• LOS COJINETES SE PEGAN.	Removerlos y reemplazarlos: examinar el eje.

## GOTEO PERSISTENTE DE AGUA EN LA UNIDAD.

• MALA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA DE DRENAJE.	La inclinación de la tubería deberá ser de $\frac{1}{4}$ a 1 pulg. Por pie. El drenaje deberá tener trampas adecuadas. La bandeja de condensado debe conducir el agua hacia la tubería de desagüe.
• POLVO EN LA BANDEJA DE CONDENSADO Y EN LA REJILLA.	Remover la rejilla, limpiar la bandeja y lavarla con agua.
• EL CONDENSADO CAE FUERA DE LA BANDEJA DE DESAGÜE.	La velocidad del aire demasiado alta a través de los serpentines. Comprobar o verificar la presión de la resistencia y la velocidad del ventilador para determinar si están de acuerdo con las condiciones de diseño.

Tabla 10 GOTEO EN UNIDAD

# VIBRACIÓN

• <b>MONTAJE DEFECTUOSO DEL MOTOR.</b>	Apretar los pernos de montaje del motor.
• <b>DISTRIBUCIÓN INADECUADA DEL PESO EN LOS CONDENSADORES O EN LAS PATAS.</b>	Equilibrar la unidad por todos lados.
• <b>CORREA DEMASIADO APRETADA.</b>	Ajustar la tensión de la correa.
• <b>POLEAS FLOJAS O DESNIVELADAS.</b>	Alinear bien y apretar los tornillos de graduación.
• <b>EJE DEL VENTILADOR DEFECTUOSO.</b>	Desmontarlo y reemplazarlo.
• <b>COJINETES DEL EJE GASTADOS.</b>	Reemplazarlos con nuevos cojinetes.
• <b>VENTILADORES DESEQUILIBRADOS O FLOJOS DEL EJE.</b>	Apretarlos si el eje no está gastado; si el problema es serio reemplazarlos.

Tabla 11 VIBRACION

## EL MOTOR SE CALIENTA EN EXCESO

• FALTA DE ACEITE, O TIPO DE ACEITE INADECUADO.	Aceitar los cojinetes con el aceite indicado.
• VOLTAJE INADECUADO.	Revisar las líneas y las caídas de tensión.
• SOBRECARGA.	Reducir la velocidad del ventilador, si es posible, sin que esto acarree una disminución de la cantidad de aire. Instalar un motor mayor, si es necesario.
• CORREAS DEMASIADO AJUSTADAS.	Revisar el juste de tensión.

## EL MOTOR NO FUNCIONA

• FUSIBLE INADECUADO.	Determinar el fusible correcto.
• SOBRECARGA TÉRMICA INSUFICIENTE.	Examinar los fusibles para determinar el tamaño correcto.
• ALAMBRADO INADECUADO.	Consultar el manual del motor y determinar sus características.

## **INSTALACION Y MANTENIMIENTO**

La selección del espacio en el cual va a instalarse el condensador es muy importante. Si la unidad va a instalarse dentro de una habitación que tiene solo ventilación natural y con un volumen de menos de 2500 pies cúbicos, un ventilador de extracción o una combinación de ventilador y serpentín para agua deben instalarse, con el propósito de que enfríen el aire.

Base de sustentación y apoyo. Debido al peso de la unidad, debe construirse una base de concreto, fuerte y bien nivelada. Este último punto es importante en extremo. Debe igualmente proporcionarse espacio suficiente alrededor de la base para que permita cualquier actividad de servicio, y especialmente, al extremo de la unidad, a fin de que provea espacio para la limpieza de los tubos del condensador.

### **MOTOR Y CORREAS.**

En aquellas unidades que tienen compresores con correas, el procedimiento es generalmente como sigue.

1.- Alinear la polea del motor con las voladoras del compresor estirando un cordel desde el borde exterior de una de las voladoras al borde exterior de la otra, o mediante el uso de un borde recto, largo, y rígido. Puede ser necesario aflojar los pernos de montaje del motor a fin de lograr un alineamiento perfecto, que es esencial.

2.- Para instalar las correas, comenzar por colocar una en el surco de la polea más cercano al motor. Colocar entonces la correa en el surco de la voladora que está en línea con este surco trasero en la polea. Con la base de montaje del motor colocada en la posición más baja, puede colocarse la correa usando tan sólo las manos. No se use nunca una “pata de cabra” o herramienta similar, pues el uso de la misma puede traducirse en fibras rotas y en menor duración de la correa.

3.- Ajustar la tensión de la correa elevando la base de montaje del motor por medio de las tuercas en los tornillos de ajuste. Una tensión correcta proporcionará cierta tolerancia en la correa al deprimirse esta con las manos. Asegúrese que las cuatro esquinas de la base del motor están a la misma distancia por encima del marco del condensador, dado que el motor están a la misma distancia por encima del marco del condensador, dado que el motor debe

tener una nivelación perfecta. Puede ser necesario mover el motor ligeramente a fin de igualar la tensión en la correa al compresor.

## **MANTENIMIENTO DE LAS VÁLVULAS.**

### **VÁLVULAS DE EXPANSIÓN**

Para controlar la proporción de flujo del refrigerante líquido entre los extremos de alta y baja presión, se requiere cierta forma de dispositivos de expansión, que por lo general, es una válvula de expansión.

Las válvulas automáticas son dispositivos controlados a presión que funcionan para mantener una presión constante en el evaporador. Tal válvula se aplica, por lo general, a evaporadores del tipo de expansión directa, pero no satisfactoria para cargas fluctuantes tales como las se encuentran en instalaciones de aire acondicionado.

Las válvulas termostáticas de expansión son similares en construcción a las de expansión automática, pero estas poseen un elemento de energía que responde a los cambios en el grado de supercalentamiento del gas refrigerante que sale del serpentín del evaporador. Este elemento consiste en un fuelle conectado por medio de un tubo capilar a un bulbo sensitivo engrapado a una línea de succión desde el evaporador.

Algunas veces puede ocurrir que la espiga de la válvula de succión es desplazada por la acumulación de polvo en su parte inferior y también por la corrosión, dejando expuesto el cilindro en el lado inferior. En este caso, no habrá refrigeración, el condensador no se calentará, y el consumo de energía por el motor de impulsión será bajo. Para determinar si la válvula de entrada está provocando estas condiciones, conéctense los manómetros compuestos y de presión, y arránquese la unidad. El manómetro de presión no arrojará aumento en la presión y el manómetro compuesto no indicará disminución alguna en la presión, y la misma fluctuará. Al limpiar la válvula, se eliminará la obstrucción o taco de impurezas y se obtendrá un funcionamiento correcto. Si la válvula de descarga se mantiene abierta debido a algún obstáculo situado en su parte inferior, tal como polvo o corrosión, el cilindro permanecerá abierto en el lado superior y no se producirá refrigeración. Para determinar si existe escape en la válvula de descarga, conéctense los manómetros compuesto y de presión y hágase funcionar la unidad hasta que la presión del lado inferior se reduzca a la normal. Círrrese la unidad. Inmediatamente, colóquese el oído cerca del compresor. Si la válvula arroja un escape, puede oírse fácilmente el silbido producido por el gas que se escapa. La presión del lado inferior se

elevará rápidamente y la presión del lado superior caerá, equilibrando las presiones. La rapidez de esta acción determinará la extensión del escape.

El mantenimiento a válvula es parte importante, ya que nos permitirá detectar anomalías de uso o desgaste que se valla presentando, por lo que la identificación de cada válvula con etiquetado nos permitirá llevar un orden de mantenimiento como lo muestra la ilustración 12.



Ilustración 9 mantenimiento a válvulas

### **ESCAPE DEL SELLO DEL EJE.**

Para determinar si un compresor sufre un escape en el sello, se procede del modo siguiente: Cerrar las válvulas de cierre haciendo girar el vástago lo más posible, en sentido dextrógiro.

Para asegurar presión de refrigerante adecuada en el cárter del compresor y en la cara exterior del sello, colocar un tambor de refrigerante conteniendo el refrigerante correcto al orificio de salida de la válvula de succión. Al efectuar esta conexión, deberá haber un manómetro en la línea que va del tambor al compresor a fin de determinar con seguridad la presión en el compresor.

Las presiones de prueba para estos fines deberán ser aproximadamente de 70 a 80 libras. Si estuviere el compresor situado en un lugar fresco, puede ser necesario elevar la presión en el tambor mediante la adición de calor. En este proceso, deberá tenerse cuidado de no exceder de 100 P.S.I (libras por pulgada cuadrada), dado que presiones superiores a esta pueden dañar el fuelle del sello. Con esta presión en el cárter del compresor, se trata de determinar la existencia de escapes mediante una antorcha de halita o sal gema, y si este procedimiento no arroja

resultados positivos, hay que hacer girar a mano, lentamente, la voladora, manteniendo el tubo detector bien próximo a las piezas críticas.

Después de detectar un escape, localizar el lugar exacto si es posible. Si el escape se está produciendo alrededor de la junta de la placa del sello, se reemplaza dicha junta; si el escape tuviere lugar en la tuerca del sello, o en el asiento de este, reemplazarlo con una placa nueva, una junta, y un montaje. Para reemplazar el sello, se siguen las instrucciones siguientes:

- 1.- Remover el compresor del condensador en la forma usual
- 2.- Remover la voladora, pero deje la tuerca en el cigüeñal de modo que el tirador de la rueda no distorsione las hebras.
- 3.- Remover la guarda del sello, la tuerca y el montaje.
- 4.- Remover la placa y la junta
- 5.- Al montar el sello, aplicar una pequeña cantidad de aceite de compresor limpio en la cara del sello (incluyendo la placa)
- 6.- Para montar de nuevo, invertir estas operaciones, asegurándose de que la placa del sello quede bien puesta y que el guardasellos queda en la parte superior.

### **TABLETEO EN EL COMPRESOR**

Pueden deberse a una varilla conectora floja, a una varilla y cinta excéntricas, o un disco, pasante del pistón, o cigüeñales igualmente excéntricos, o a exceso de aceite en el sistema. Puede determinarse colocando la punta de un destornillador contra el cárter y apoyando el oído en el mango. El tableteo puede oírse fácilmente. No será posible determinar qué es lo causa antes de desmontar el compresor. Algunas veces puede ser posible determinar una flojedad de las piezas mencionadas anteriormente sin desmontar por completo el compresor. En primer lugar, remueva la cabeza del cilindro y la placa de la válvula para exponer la cabeza del pistón. Ahora, arranque el motor y presione hacia abajo con el dedo sobre la cabeza del pistón. A cada impulso de este, puede sentirse la flojedad. La pieza floja debe reemplazarse inmediatamente. Conviene siempre comprobar el nivel del aceite del compresor antes de analizar y determinar las reparaciones necesarias. Los golpes del aceite se deben, generalmente, a la aplicación excesiva de este al dar servicio a la unidad. No puede ser necesario añadir aceite a un sistema a menos que se haya producido un escape. Algunas veces se diagnostica una carga

insuficiente como falta de aceite. Asegúrese siempre de que unos niveles bajos de aceite se deben en verdad a falta de aceite más bien que a una carga baja antes de añadir aceite.

## **COMPRESOR APRETADO O PEGADO**

La razón para este estado es generalmente la presencia de humedad en el sistema o bien, falta de lubricante. Al ocurrir esto, debe procederse a limpiar cuidadosamente el compresor. Debe primero desmontarse por completo, y limpiarse cuidadosamente las piezas, reemplazando aquellas que se encuentran defectuosas. Deben ponerse aceite y refrigerante nuevos. El compresor se presentará “apretado” cuando se haya removido una cabeza de cilindro, una cubierta de sello, o una pieza similar, sin efectuar un reemplazo cuidadoso, o cuando los tornillos no se hayan apretado de modo parejo y uniforme.

## **REEMPLAZO DEL COMPRESOR**

Para reinstalar el compresor: primero, coloque las almohadillas de montaje y las juntas. Coloque cuidadosamente el compresor sobre la base en la misma posición que estaba antes. Ajuste los pernos. Ponga de nuevo las válvulas de descarga y succión, usando zapatas nuevas. Después de ajustar el compresor y las válvulas, debe evacuarse el compresor para remover el aire.

## **REMOCION DEL COMPRESOR**

Para remover un compresor de la unidad, proceda del modo siguiente:

1.- Coloque un manómetro compuesto a la válvula de la línea de succión. Cierre la válvula oclusora de la línea de succión y corra el compresor hasta obtener 20 o 25 pulgadas de vacío; entonces cierre la válvula oclusora de descarga. Antes de remover nada, golpee ligeramente la válvula de línea de succión para traer la lectura de nuevo acero.

2.- Antes de remover las válvulas de servicio, afloje el manómetro de presión, eliminando la presión en la cabeza del compresor. Remueva la correa y los tronillos que sujetan las válvulas de succión y de descarga al compresor.

Si se lleva el compresor al taller para efectuar la reparación, coloque las válvulas de servicio sobre aberturas de descarga y de línea de succión. Esto impide que penetre aire y humedad y que se escape el aceite.

Afloje las cuatro tuercas que sujetan al compresor a la base y separe la tubería del compresor lo suficiente para permitir la extracción del montaje. Deberá tenerse cuidado de no aflojar las juntas y almohadillas de montaje sobre las que descansa el compresor.

### **ADICIÓN DE ACEITE.**

Para añadir aceite al compresor se utiliza el siguiente procedimiento:

- 1.- Bombear la unidad
- 2.- Remueva la línea de succión del compresor.
- 3.- Colocar el aceite dentro de la salida de succión del compresor hasta que el nivel del aceite esté aproximadamente a la mitad de la mirilla del aceite. No hay que sobrecargar.
- 4.- Reemplazar la línea de succión
- 5.- hacer funcionar el compresor durante 20 minutos y comprobar entonces de nuevo el nivel de aceite.

### **FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR**

El funcionamiento del compresor se mide por su capacidad para proveer el máximo efecto de refrigeración con el consumo mínimo de electricidad. Factor de funcionamiento = capacidad en B. T. U. / entrada de energía en vatios

Los factores que determinan la eficiencia de un compresor son:

- 1.-El grado al cual la válvula del pistón se mantiene cerrada en la carrera ascendente.
- 2.-El grado al cual la válvula de descarga se mantiene apretada durante la carrera descendente

#### **Como probar la eficiencia del compresor:**

- 1.- Pare el compresor e instale un manómetro compuesto en la válvula de la línea de succión.
- 2.- Cierre la válvula de succión y haga funcionar el compresor hasta obtener 24 ½ "de vacío en el manómetro compuesto. Pare entonces la unidad y observe las lecturas del manómetro. Si el compresor no produce un vacío de 25 pulgadas, es una indicación de que el aire se escapa por la válvula de descarga y también por la del pistón.

3.- Si la presión de cabeza cae y la lectura del manómetro de vacío permanece prácticamente constante, esto indica que existe un escape exterior en uno de los puntos en la cabeza del compresor o bien en las conexiones del manómetro y de la válvula de cierre.

4.- Para reparar bien la válvula de succión o de descarga defectuosa, remueva la cabeza del compresor y cuidadosamente remueva la placa de la válvula de descarga. Al demostrar esta, deberá tenerse cuidado de no perturbar las condiciones prevalecientes durante la prueba.

Es posible que cierta cantidad de polvo, u otras impurezas, se aloje debajo del disco de la válvula y sobre el asiento, produciendo una actuación pobre y deficiente.

Si no hay evidencia de polvo o de cuerpos extraños, examine el asiento tanto de la válvula de descarga y el ensamblaje o montaje del pistón en busca de daños, si alguno se encuentra, reemplace los discos o la placa de la válvula.

La remoción de ralladuras profundas altera la ascensión de la válvula, afectando aún más la eficiencia. Después de llevar a cabo la reparación, se limpia cuidadosamente las piezas con gasolina o tetracloruro de carbono, móntelas de nuevo usando juntas nuevas y repita la prueba de eficiencia para asegurarse que la dificultad ha sido eliminada.

## **REMOCIÓN DE ACEITE.**

Para remover el aceite del compresor, se utiliza el siguiente procedimiento.

- 1.- Bombear la unidad.
- 2.- Cerrar las válvulas de servicio de descarga y de succión del compresor.
- 3.- Remover las líneas de succión y descarga del compresor.
- 4.- desconectar los tubos capilares y todas las conexiones eléctricas del compresor.
- 5.- remover los pernos y dispositivos de montaje que aseguran el compresor a la unidad-
- 6.- Remover el compresor y extraer el aceite por la tubería de succión.

## **BOMBEO DEL SISTEMA**

El procedimiento a seguir fue el siguiente.

1. Abrir las válvulas de servicio de descarga y de succión.
2. Asegurarse de que la válvula de succión está conectada a la porta del manómetro de la válvula de servicio de succión y de que el manómetro de alta presión está conectado a la porta del manómetro de la válvula de servicio de descarga.
3. Cerrar ligeramente las válvulas de servicio a fin de purgar las líneas del manómetro, permitiendo la entrada de la presión dentro de los manómetros.
4. Arrancar el compresor y dejarlo correr.
5. Remover la cubierta del control doble de presión y cerrar los contactos de la baja presión. Esto impide que la presión de succión cierre la unidad cuando se le bombea por debajo de la graduación de corte normal. Para bloquear los contactos, forzar los contactos de control de baja presión en posición de cierre e insertar un objeto no metálico para mantener cerrados los controles durante el proceso de bombeo.
6. Cerrar la válvula de corte del líquido a fin de retener todo el líquido en el lado superior o alto del sistema.
7. Observar el manómetro de succión mientras funciona el compresor. Cuando la presión de succión se ha reducido a una presión de 0 psi, detener el compresor. Normalmente la presión aumentará después de este primer ciclo de bombeo. Arrancar nuevamente el compresor y repetir este procedimiento hasta que la presión de succión sea de 1 a 2 psi al detener el compresor. Si la presión permanece en 0 después del bombeo, asegurarse de que la puerta central del distribuidor de manómetro está taponeada, y abrir entonces las válvulas del distribuidor del manómetro ligeramente para permitir que la presión procedente del lado de su descarga de la unidad penetre dentro del lado de succión en forma tal que una presión de 1 a 2 psi que dé en el lado de succión. Hay que tener siempre una ligera presión positiva en el sistema al abrir este a la atmósfera para impedir la absorción o penetración de aire y de humedad en el sistema.
8. Cerrar las válvulas de servicio de descarga y de succión.
9. Con esto el lado inferior del sistema puede repararse.

10. Evacuar e instalar el nuevo secador cuando esté abierto el sistema.
11. Cuando la unidad de esté reparada, abrir las válvulas de servicio de descarga y succión del compresor.
12. Arrancar el compresor. Después de determinar que el sistema funciona satisfactoriamente, remover el objeto no metálico del control de presión, doble y remplace la cubierta o tapa. Abrir las válvulas de servicio y desconectar entonces el distribuidor del manómetro de las válvulas. Desconectar los accesorios y remplazar los tapones de la puerta del manómetro.

## **PRUEBA PARA ESCAPES**

### **MÉTODO DE LA ANTORCHA DE HALITA**

Este método es para verificar o determinar escapes durante el arranque inicial de un sistema, se procede mediante la siguiente forma.

- 1.- Cerrar las válvulas de servicio de descarga y succión si no lo están ya.
  - 2.- Insertar la manguera de succión de carga del distribuidor a la válvula de proceso.
  - 3.- Conectar un tambor del refrigerante apropiado a la puerta central del distribuidor de carga.
  - 4.- Abrir la válvula de proceso y la del manómetro de succión e introducir suficiente refrigerante dentro del sistema para elevar la presión tanto como sea posible.
  - 5.- Cerrar la válvula de proceso y la del manómetro de succión.
  - 6.- Verificar el sistema con el detector de escapes de halita y la solución jabonosa en todos lugares donde se hayan hecho conexiones.
- Examinar todas las uniones antes de efectuar reparación alguna, dado que la presión en el sistema debe liberarse a fin de efectuar la corrección necesaria.
- 7.- Si existen escapes, desconectar la manguera del tambor de refrigerante del distribuidor de carga.
  - 8.- Abrir la válvula de succión y la de la manguera del manómetro de succión para purgar el refrigerante del sistema. La válvula de expansión se abrirá, permitiendo a la tubería que corre desde la válvula de expansión a la de servicio de succión el purgar también. Si la presión es más elevada, es necesario purgar el lado inferior a través de la válvula de servicio de succión.

Esto puede llevarse a cabo mediante la remoción del tapón de la puerta del manómetro de la válvula de succión. Cuando el manómetro lee 0 libras de presión, cerrar las válvulas de servicio de succión y del manómetro de succión.

9.- Repetir esta comprobación de escapes hasta encontrar y reparar todos los escapes.

10.- Cuando se efectúa una reparación, cerrar las válvulas de succión y desconectar el distribuidor de carga de la unidad.

## **EVALUACION DEL SISTEMA**

Cuando es necesario remover la carga entera del sistema, como es el caso cuando se hace necesario cambiar el compresor o algún otro componente de la unidad condensadora:

1.- Cerrar las válvulas de servicio de descarga y de succión.

2.- Insertar la manguera de succión de carga del distribuidor en la válvula de succión.

3.- Conectar la bomba de vacío a la porta central del distribuidor de carga.

4.- Arrancar la bomba de vacío y abrir las válvulas de succión. Ajustar las válvulas de prueba del distribuidor en forma tal que la bomba de vacío se abra hacia la válvula de succión. Evacuar el sistema para obtener el vacío máximo posible con la bomba de vacío usada.

5.- Durante la primera etapa de la evacuación puede ser deseado cerrar la bomba por lo menos una vez para ver si hay una pérdida rápida de vacío, que indica la presencia de escape en el sistema.

6.- El tiempo requerido para una evacuación adecuada depende del sistema y de la bomba de vacío. Se recomienda que la bomba de vacío se deje correr por dos horas, o más, después de haber obtenido el máximo para evacuar el sistema.

7.- Cerrar las válvulas del distribuidor de carga a la bomba de vacío y parar la bomba. Anotar la lectura en el manómetro de vacío y dejar que el sistema se detenga durante una hora. Si no disminuye el vacío el sistema está apretado.

8.- Al comprobar y reparar la unidad, cerrar la válvula de succión y desconectar el distribuidor de carga de la válvula.

9.- A fin de hacer funcionar el sistema, abrir las válvulas de servicio de succión y descarga.

## **COMPROBACIÓN DE LAS VÁLVULAS DEL COMPRESOR.**

- 1.- cerrar las válvulas de servicio de succión.
- 2.- Arranque el compresor y haga funcionar la unidad hasta que el manómetro compuesto indique un vacío de 15 pulgadas.
- 3.- Detener el compresor.
- 4.- Abrir la válvula de servicio de succión ligeramente para permitir al vapor en la línea de succión llevar la lectura manométrica nuevamente a cero. Cerrar la válvula.
- 5.- Si la presión en el manómetro comienza a aumentar, se indica un escape de la válvula de descarga, y deberá reemplazarse el compresor.

## **INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MOTOR**

Las máquinas eléctricas deben ser instaladas en locales que permitan fácil acceso para inspección y mantenimiento, principalmente en lo referente a los cojinetes e inspección de las escobas.

Si la atmósfera es húmeda, corrosiva o contiene partículas abrasivas, es importante asegurar el correcto grado de protección.

La instalación de motores donde existen vapores, gases, polvaredas peligrosas, inflamables o combustibles ofreciendo posibilidad de fuego o explosión.

En ninguna circunstancia los motores podrán ser cubiertos por cajas u otras coberturas que puedan impedir o disminuir la libre circulación del aire de ventilación.

Las máquinas dotadas de ventilación externa deben quedarse, como mínimo, a 50 mm de altura del piso a fin de dejar pasar el aire.

Las aberturas de entrada y salida de aire jamás deberán ser obstruidas o disminuidas por objetos, paredes, pilares, etc.

El ambiente en el local de la instalación deberá tener condiciones de renovar el aire a orden de 20m<sup>3</sup> por minuto para cada 100kW de potencia de la máquina.

## **ASPECTOS MECÁNICOS**

Las fundaciones donde será colocado el motor deben ser planas y, si posible, exentos de vibraciones.

Se recomienda, por este motivo, una fundación de concreto.

El tipo de fundación escogido dependerá de la naturaleza del suelo en el local de montaje, o de la resistencia de los pisos.

En el dimensionamiento de las fundaciones del motor debe ser considerado el hecho de que el motor puede, ocasionalmente, ser sometido a un troqué mayor que el troqué nominal. Si este dimensionamiento no fuese criteriosamente ejecutado podrá ocasionar serios problemas de vibración del conjunto fundaciones-motor y máquina.

## **ASPECTOS ELÉCTRICOS EN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

Es muy importante observar la correcta alimentación de energía eléctrica. Los conductores y todo el sistema de protección deben garantizar una calidad de energía eléctrica en los terminales del motor según los siguientes parámetros:

- Tensión: puede variar dentro de una faja de  $\pm 10\%$  del valor nominal.
- Frecuencia: puede variar dentro de una faja de  $\pm 5\%$  del valor nominal.
- Tensión/Frecuencia: puede existir una variación combinada de  $\pm 10\%$ .

## **CONEXIÓN**

Para conectar los cables de alimentación, destornillar las tapas de las cajas de conexión del estator y el rotor (si existe). Cortar los anillos de conexión (motores normales sin prensa-cables) conforme los diámetros de cables que serán utilizados.

Colocar los cables dentro de los anillos. Cortar el cable de alimentación al tamaño necesario, decapar la extremidad y coloque los bornes a ser utilizados.

Unir el revestimiento metálico de los cables (caso exista) al cable de conexión para tierra común.

Cortar los cables de conexión para la tierra, al tamaño necesario y conectarlo al conector existente en la caja de conexiones existente en la carcasa.

Apretar firmemente todas las conexiones.

### **MANTENIMIENTO A MOTOR DE INDUCCIÓN**

En un mantenimiento de motores eléctricos, adecuadamente aplicada, se debe inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, la elevación de temperatura (bobinas y soportes), desgastes, lubricación de los rodamientos, vida útil de los soportes, examinar eventualmente el ventilador, cuanto al correcto flujo de aire, niveles de vibraciones, desgastes de escobas y anillas colectoras.

El descaso de uno de los anterior anteriores puede significar paradas no deseadas del equipo. La frecuencia con que deben ser hechas las inspecciones, depende del tipo del motor y de las condiciones locales de aplicación.

La carcasa debe ser mantenida limpia, sin acumulo de aceite o polvo en su parte externa para facilitar el intercambio de calor con el medio.

Como todas las piezas importantes de un compresor, los rodamientos de bolas como deben limpiarse y examinarse frecuentemente. Los intervalos entre tales exámenes dependen por completo de las condiciones de funcionamiento como lo muestra la ilustración 14



Ilustración 10 CAMBIO DE RODAMIENTOS

## LIMPIEZA

Los motores deben ser mantenidos limpios, exentos de polvos, detritos y aceites.

Para limpiarlos, se debe utilizar escobas o trapos limpios de algodón. Si el polvo no es abrasivo, se debe emplear un soplete de aire comprimido, soplando la suciedad de la tapa deflectora y eliminando todo el acumulo de polvo contenido en las aletas del ventilador y en las aletas de refrigeración.

Los tubos de los intercambiadores de calor (sí existen) deben ser mantenidos limpios y desobstruidos para garantizar un perfecto intercambio de calor. Para la limpieza de los tubos, puede ser utilizada una baqueta con una escoba redonda en la extremidad, que al ser introducida en los tubos, retira la suciedad acumulada.

Para la limpieza de los tubos, retirar la tapa trasera del intercambiador de calor e introducir la escoba en los tubos.

En el caso de intercambio de calor aire-agua, es necesaria una limpieza periódica en las tabulaciones del radiador para retirar cualquier incrustación que pueda existir.

En los motores de anillos, el compartimiento de las escobas/anillas colectoras, nunca deberá ser limpiado con aire comprimido y si con un aspirador de polvo o con trapos humedecidos con solventes adecuados.

Los restos impregnados de aceite o humedad pueden ser limpiados con trapos embebidos en solventes adecuados.

### **Regulación de la capacidad**

1.- Variando la velocidad de giro del rotor conducido

2.- Mediante una laminación a la entrada el compresor, que origina un aumento de la relación de compresión, este efecto en estos compresores puede elevar peligrosamente la temperatura de escape del vapor, pero no de los helicoidales.

4.- mediante corredera, método consistente de una o varias válvulas deslizantes, la función de estas válvulas es devolver mediante un bypass situado en la cavidad en la cavidad e entrada del compresor, una fracción variables del volumen total desplazado a plena carga hasta cargas parciales cercanas a cero, en forma manual o automática, mediante un pistón movido hidráulicamente por el aceite del compresor.

## **LUBRICACIÓN**

### **SOPORTES LUBRICADOS CON GRASA**

La finalidad del mantenimiento, en este caso, es prolongar lo máximo, la vida útil del sistema de soportes.

El mantenimiento:

a) Observación del estado general en que se encuentran los soportes.

b) Lubricación y limpieza.

c) Examen más minucioso de los rodamientos.

El ruido en los motores deberá ser observado en intervalos regulares de 1 a 4 meses. Un oído bien entrenado es perfectamente capaz de distinguir el apareamiento de ruidos anómalos, aunque empleando medios bien simples (como un desarmador, etc.).

Los motores, son normalmente equipados con rodamientos de esfera o de rodillos, lubricados con grasa. Los rodamientos deben ser lubricados para evitar el contacto metálico entre los cuerpos girantes y también para proteger los mismos contra oxidación y desgaste. La elección el método de montaje adecuado y de las herramientas apropiadas es de gran importancia.

En la ilustración 15 nos muestra la forma adecuada de desmontaje de un engrane para luego proceder a retirar los rodamientos y la utilización de la herramienta correcta evitando daño al equipo.



**Ilustración 11 Mantenimiento a rodamiento**

Las propiedades de los lubricantes se deterioran en virtud del desgaste y trabajo mecánico, y más, todos los lubricantes sufren contaminación en el trabajo, por ésta razón se deben sustituir de tiempo en tiempo.

### **Inyección de Lubricantes**

Los compresores de tornillo son, en general, lubricados mediante inyección directa de aceite a temperatura controlada.

La cantidad de aceite inyectada es muy elevada, ya que además de lubricar, deben proporcionar estanqueidad (evitar cortocircuitos hacia la lumbrera de admisión), y absorber calor de compresión.

La inyección de aceite aumenta la potencial relación de compresión. Además de cerrar el espacio entre los rotores, el aceite iguala la temperatura de estos y reduce con eficacia la temperatura de descarga a un valor seguro.

El aceite se recupera en un separador de aceite, situado en la canalización de descarga, y es previamente enfriado, antes de su inyección en la cámara de compresión.

## CONCLUSIONES

Cada empresa tiene muchas razones para establecer un programa de mantenimiento. Generalmente un programa rige por dos principios; seguridad y costos. La seguridad normalmente se refiere a evitar los accidentes o pérdidas humanas durante las operaciones diarias o durante periodos de mantenimiento. El costo engloba muchos subgrupos, incluyendo disponibilidad de los equipos, control de los tiempos de parada, limitar la cantidad de repuestos y simplemente reducir los costos de mantenimiento.

La cuestión gira entorno a:

¿Qué tipo de Mantenimiento se necesitaría realizar a cada unidad?

¿Cuándo vamos aplicar dicho mantenimiento?

Esta cuestión nos devuelve al costo y a la seguridad. El programa debe ser rentable y cubrir anticipadamente los tipos de fallas más probables. El primer paso consistió en la determinación de cuanto se piensa invertir en el programa de mantenimiento Autónomo y que resultados esperábamos obtener de cada actividad. Existen fallas de estudio que nos dan indicaciones de cuando debería una empresa invertir en Mantenimiento Autónomo. Cualquier empresa dispone normalmente de más de una unidad que debe tenerse en cuenta para el mantenimiento. Se necesita determinar si un programa de mantenimiento Autónomo es rentable y cumple las perspectivas de la compañía. Por lo tanto, la necesidad de cada equipo determinara el tipo de programa y la cantidad a gastar en ella. Ahora vemos que empresas industriales de toda envergadura, están complementando su visión de realizar mantenimientos correctivos y preventivos para asegurar disponibilidad, con un Mantenimiento Autónomo que alberga conceptos relativamente nuevos tales como confiabilidad (mantenimiento predictivo), mantenimiento basado en condición, aseguramiento de la calidad del mantenimiento. Finalmente, la disponibilidad aumenta, las intervenciones disminuyen y el cumplimiento de los compromisos de producción queda asegurado. El Recurso Humano Proactivo es la clave y la Tecnología es la principal herramienta de esta gestión.

Naturalmente, las modalidades y procedimientos a utilizar concretamente en la elaboración del plan de mantenimiento Autónomo son función del tipo y problemática de la empresa y del sistema productivo considerado.

# **ANEXOS**

# ANEXO 1. HOJA DE CONTROL PARA USO MANTENIMIENTO DE COMPRESOR

Ilustración número 17 nos muestra los lineamientos a seguir para la orden de trabajo.



## Comentario de la Orden

NOMBRE DE LA EMPRESA: CEMENTOS MOCTEZUMA

FECHA: 20.03.2016

UBICACIÓN: PLANTA APAZAPAN

AREA DE DIAGNOSTICO: MANTENIMIENTO

EQUIPO: COMPRESOR 1Z05

RUTINA DE MANTENIMIENTO	CÓDIGO DE RUTINA	DESCRIPCIÓN RUTINA	FECHA	FRECUENCIA	ACTUALIZADO POR.
COMPRESORES		COMPRESOR 1Z05	20.03.16	SEMANAL	JUAN C. MARTÍNEZ
MANO DE OBRA ESTIMADA					
FECHA	NO. PERSONAS	CATEGORÍA	NO. HORAS	TIEMPO EXTRA	
20.03.16	1	OFICIAL MECÁNICO	3		
20.03.16	1	AYUDANTE MECÁNICO	3		

### 1. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- A)- TENER EN CUENTA QUE ESTA RUTINA SE REALIZA CON EL EQUIPO EN MARCHA
- B)- EXTREME PRECAUCIONES AL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES
- C)- CERCIORARSE DE LA CORRECTA IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO DONDE SE VA A TRABAJAR.
- D)- UTILICE EL EQUIPO DE SEGURIDAD BÁSICO.
- E)- COORDINARSE CON EL COP QUE SE ESTARÁ EFECTUANDO ESTA RUTINA

NÚMERO DE PERMISO DE TRABAJO.

### 2. EQUIPO DE PROTECCIÓN REQUERIDO

- 2.1 CASCO DE SEGURIDAD
- 2.2 ZAPATOS DE SEGURIDAD CON CASQUILLO DE ACERO
- 2.3 GAFAS CLARAS DE SEGURIDAD
- 2.4 MASCARILLA CONTRA POLVO
- 2.5 GUANTES DE CARNAZA
- 2.6 TAPONES AUDITIVOS

### 3. HERRAMIENTA (EQUIPO Y/O CALIBRACIÓN)

- 3.1 HERRAMIENTA BÁSICA DE MECÁNICO
- 3.2 TERMÓMETRO LASER.
- 3.3 ESTETOSCOPIO.

VALIDACIÓN	NOMBRE Y FIRMA	Fecha
CONTRATISTA		
SUPERVISOR		
JEFE DE MANTENIMIENTO		

Ilustración 12 Hoja de Control

## ANEXO 2. ESQUEMA DE FALLA

La ilustración N° 18, muestra los puntos críticos que debe realizar el operario del área y reportar la falla o anomalía con el encargado del departamento.

CORPORACION MOCTEZUMA		infor	
Comentario de la Orden			
NOMBRE DE LA EMPRESA: CEMENTOS MOCTEZUMA			
FECHA: 20.03.2016			
UBICACIÓN: PLANTA APAZAPAN			
AREA DE DIAGNOSTICO: MANTENIMIENTO			
EQUIPO: COMPRESOR 1Z05			
ANÁLISIS	SI		OBSERVACIONES
FUGAS DE ACEITE		X	
FUGAS DE AGUA		X	
VIBRACIÓN		X	
MANÓMETROS EN BUEN ESTADO	X		
INDICADORES DE FLUJO EN BUEN ESTADO	X		
NIVEL DE ACEITE ADECUADO		X	NIVEL INTERMEDIO DE ACEITE / REPORTADO A LUBRICADOR
FALLAS O ANOMALÍAS	X		TEMPERATURA ALTA
PRESIÓN DE TRABAJO MAYOR A 6 BAR.		X	
FILTROS SUCIOS U OBSTRUIDOS		X	
ALTA TEMPERATURA	X		COMPRESOR PRESENTA ALTA TEMP.

Ilustración 13 Esquema de falla

## GLOSARIO

### A

Aceleración: Razón de cambio de la velocidad respecto al tiempo.

Acelerómetro: Sensor y transductor cuya entrada es la amplitud de aceleración y tiene una salida de voltaje de baja impedancia.

Alineación: Posición en la cual las líneas centro de dos ejes deben ser lo más colineales posible, durante el tiempo de operación normal de la máquina.

Amplitud: Es el máximo valor que presenta una onda sinusoidal.

Análisis Espectral: Es la interpretación que se le hace a un espectro para determinar el significado físico de lo que pasa en una máquina.

Armónico: Son frecuencias de vibración que son múltiplos integrales de una frecuencia fundamental específica.

Armónico Fraccionario: Armónicos que se encuentran entre los armónicos principales y son fracciones de la frecuencia fundamental.

Axial: Posición del sensor que va en el sentido de la línea del eje.

### B

Balaceo: Procedimiento por medio del cual se trata de hacer coincidir el centro de masa de un rotor con su centro de rotación, de manera que se pueda eliminar el mayor número de fuerzas inerciales.

Bandeamiento Lateral: Son líneas espectrales que aparecen espaciadas a igual frecuencia, alrededor de una línea central. Esta es la mezcla de dos señales, en la cual la línea central pertenece a una y las líneas laterales pertenecen a la otra.

### C

Centro de Gravedad: Es la representación de la masa de un cuerpo en un punto.

Ciclo: Es un rango de valores en los cuales un fenómeno periódico se repite.

### D

Decibel: Unidad logarítmica de amplitud medida (muy usada en vibraciones y acústica).

Desplazamiento: Cambio de posición de un objeto o partícula de acuerdo a un sistema de referencia.

Diagnóstico: Proceso por medio del cual se juzga el estado de una máquina.

Dominio de la Frecuencia: Es la representación gráfica de la vibración en la cual se enfrentan Amplitud vs. Frecuencia.

Dominio del Tiempo: Es la representación gráfica de una señal de vibración en la cual se enfrentan Amplitud vs. Tiempo.

## **E**

Entrehierro: Espacio de aire comprendido entre el Estator y el Rotor de un motor eléctrico.

Espectro: Sinónimo de dominio de la frecuencia.

Excentricidad: Variación del centro de rotación del eje con respecto al centro geométrico del rotor.

## **F**

Factor de Servicio: Factor que corrige niveles normalizados, para máquinas que se encuentran a condiciones especiales de operación.

Fase: Es un retardo en el tiempo de dos señales, expresado en grados de rotación.

Fatiga: Tendencia de un material a romperse bajo deflexiones repetidas.

Frecuencia: Es el recíproco del período y significa número de oscilaciones completas por unidad de tiempo.

Frecuencia de Engrane: Es la velocidad nominal del engranaje multiplicado por el número de dientes.

Frecuencia de falla de Jaula: Es la frecuencia de un rodamiento que se excita cuando se presenta deterioro en su jaula.

Frecuencia de falla de Elemento Rodante: Es la frecuencia de un rodamiento que se excita cuando se presenta un daño en algún elemento rodante.

Frecuencia de falla de Pista Externa: Es la frecuencia de un rodamiento que se excita cuando se presenta un daño en la pista externa.

Frecuencia de falla de Pista Interna: Es la frecuencia de un rodamiento que se excita cuando se presenta un daño en la pista interna.

Frecuencia de Lineal: Es la frecuencia eléctrica de alimentación del motor. En América son 60 Hz y en Europa son 50 Hz.

Frecuencia Natural: Es la frecuencia que presenta cada componente por su propia naturaleza y características. Esta frecuencia oscilará si es excitada por agente externo que opere a una frecuencia muy cercana.

Frecuencia de Paso de Aspas: Es el número de aspas o paletas de una bomba o ventilador por su velocidad de rotación.

## **G**

G: Unidades de aceleración de la gravedad. Equivale a 9800 mm/s<sup>2</sup> y a 32.2 pie/s<sup>2</sup>.

## **H**

Horizontal: Generalmente es la posición que se le da al sensor, que va perpendicular al sentido de la gravedad.

Hz: Unidad más común de la frecuencia. Equivale a ciclos por segundo.

## **M**

Masa Equilibrante: Masa utilizada en balanceo, para contrarrestar la masa des balanceadora.

Micra: Medida de longitud o distancia. Equivale a la milésima parte de un milímetro.

Mil: Medida de longitud o distancia. Equivale a una milésima de pulgada.

## **O**

Onda en el tiempo: Es la representación instantánea de una señal dinámica con respecto al tiempo.

Orden: Es otra de las unidades de frecuencia, utilizadas para maquinaria rotativa. Una orden es equivalente a la velocidad nominal de la máquina.

## **P**

Período: Es el tiempo necesario para que ocurra una oscilación o se complete un ciclo. Generalmente está dada en minutos y segundos.

Pico: Cada una de las líneas que componen el espectro.

Pulsación: Elevación y caída en la amplitud de vibración causada por dos fuentes de vibración que están a frecuencias muy cercanas.

## **R**

Radial: Posición del sensor que va perpendicular a la línea del eje.

Resonancia: Se presenta cuando la frecuencia natural de un componente es excitada por un agente externo. La amplitud de vibración de la máquina se incrementará enormemente causando perjuicios a todos sus componentes.

Rotor Flexible: Son rotores que giran muy cerca o por encima de su primera velocidad crítica. Por sus condiciones de operación presentan una deformación significativa.

Rotor Rígido: Rotor que no se deforma significativamente cuando opera a su velocidad nominal.

RPM: Otra de las unidades de frecuencia. Equivale al número de ciclos por minuto que presenta la máquina.

RPS: Otra de las unidades de frecuencia. Equivale a 1 Hz (ciclos por segundo).

Ruido: Es información de la señal que no representa alguna importancia. Representa contaminación de la señal.

Ruido de Piso o Blanco: Es el límite más bajo de sensibilidad de un instrumento de medición electrónico, expresado en micro-voltios (10<sup>-6</sup> V). Se localiza a través de todo el espectro.

## **S**

**Sensor:** Es un dispositivo de medición que transforma una variable física en una señal eléctrica. En nuestro caso pasa de una señal física de vibración y la convierte en una señal eléctrica.

**Señal:** Es toda información de magnitud física variable que se convierte a magnitud eléctrica mediante un transductor.

**Shock:** Es un impacto que tiene como resultado la generación de un pulso.

**Subarmónicos:** Son frecuencias que se encuentran a una fracción fija de una frecuencia fundamental, como la velocidad nominal de la máquina.

## **T**

**Transformada Rápida de Fourier (FFT):** Es una técnica para calcular por medio de un computador la frecuencia de las series que conforman la onda en el dominio del tiempo.

## **V**

**Vector:** Es una cantidad dotada de magnitud y dirección.

**Velocidad:** Razón de cambio del desplazamiento respecto al tiempo.

**Velocidad Nominal:** Velocidad de entrada de una máquina.

**Vertical:** Posición que se le da al sensor, que va en el sentido de la aceleración de la gravedad.

**Vibración:** Es un movimiento oscilatorio.

**Vibración Aleatoria:** Frecuencias que no cumplen con patrones especiales que se repiten.

## REFERENCIAS

ADAM, E. & EBERT, R. "Administración de la producción y de las Operaciones", Cuarta Edición, Editorial Prentice Hall, México D.F. 1991

American Psychological Association (2010), Manual de Publicaciones, Manual Modern

Bufa, E. & Sarín, R. [1995]: Administración de la producción y de las operaciones. Ed. Limusa, México D.F.

BLOG PUCP [En línea] [Lugar No definido] "Inflación A Setiembre 2008 Y Perspectivas Sobre Su Evolución. Fuente" - Informe de Precios N.19 Octubre 2008 – IPC Lima Metropolitana". Actualizado al 19/10/08

Carlos, U. S. (s.f.). Recuperado el 28 de Febrero de 2015, de <http://www.uni-san-carlos.edu.gu>

Freightliner. (2015). Poliza de garantia para motor M2. Veracruz:

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista, P. (2010), Metodología de la investigación (5ª ed.), México: Mc Graw-Hill.

Lopez, Gilmer David Palacios. (2007). Análisis de eficiencia de un motor de combustión. en g. d. lopez, & g. d. palacios lopez, análisis de eficiencia de un motor de combustión (pág. 140). Guatemala.

Rojas Soriano, R. (2005), *Guía para realizar investigaciones sociales* (última edición), México: Plaza y Valdés.

RUSSELL, R. & TAYLOR, B. "Operations Management. Focusing on quality and competitiveness". Second edition, Ed Prentice Hall, New Jersey 1998.

SCHROEDER, R. "Administración de operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones", 3ª. Ed., Editorial M.C. Graw Hill, México 1992.

STARR, M. Administración de la producción. Sistemas y síntesis, Ed. Dossat S.A., Madrid 1979, España.

TAWFIK, L. & CHAUVEL, A.M. "Administración de la producción", Ed. M.C. Graw Hill, México D.F. 1992, México