



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MANUAL DE OPERACIÓN, DISEÑO Y PROPUESTA DE
IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE
CONDICIÓN EN LA PLANTA SAN MIGUEL DE CEMENTOS
PROGRESO S. A.**

LUIS ALFONSO GRIJALVA GARCÍA

ASESORADO POR
ING. EDWIN SARCEÑO ZEPEDA

Guatemala, noviembre de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE OPERACIÓN, DISEÑO Y PROPUESTA DE
IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE
CONDICIÓN EN LA PLANTA SAN MIGUEL DE CEMENTOS
PROGRESO S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA

POR

LUIS ALFONSO GRIJALVA GARCÍA
ASESORADO POR ING. EDWIN SARCEÑO ZEPEDA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

Guatemala, noviembre de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. SYDNEY ALEXANDER SAMUELS MILSON
VOCAL I	ING. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS
VOCAL II	LIC. AMAHÁN SÁNCHEZ ÁLVAREZ
VOCAL III	ING. JULIO DAVID GARCÍA CELADA
VOCAL IV	BR. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ
VOCAL V	BR. ELISA YAZMINDA VIDES LEIVA
SECRETARIO	ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. Víctor Alexander Juárez Reyes
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MANUAL DE OPERACIÓN, DISEÑO Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE CONDICIÓN EN LA PLANTA SAN MIGUEL DE CEMENTOS PROGRESO S. A.

Tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica
con fecha 9 de enero del 2004.

Luis Alfonso Grijalva García.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la sabiduría necesaria para poder culminar mis estudios

A mis padres

Edvin A. Grijalva Escribá y Berta García de Grijalva por todo el apoyo brindado y sus oraciones

A mis hermanos

Por su apoyo

A mis sobrinos

Con cariño

A mis primos

Por la unión de familia que hemos tenido siempre

A mis compañeros

Por los años que compartimos como compañeros y amigos

A mis amigos

Por la amistad que hemos compartido

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	X
RESUMEN.....	XII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
1 GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.1.1. Descripción de Cementos Progreso S. A.....	1
1.1.1.1. Tipos de cementos más comunes producidos en la planta.....	1
1.1.1.2. Tipo de cal producida en la planta	2
1.1.2. Descripción de las diferentes áreas de procesos.....	2
1.1.2.1. Descripción del departamento de trituración.	2
1.1.2.2. Descripción del departamento de molinos de mezcla....	2
1.1.2.3. Descripción del departamento de hornos de clinker.....	3
1.1.2.4. Descripción del departamento de molinos cemento.....	4
1.1.2.5. Descripción del departamento de envasado y despacho de cemento.....	5
1.1.2.6. Descripción del departamento de cal.....	6
1.1.2.7. Descripción del departamento de mantenimiento mecánico.....	8
1.2 Fundamentos teóricos del monitoreo de condición	11

1.2.1. Mantenimiento correctivo.....	11
1.2.1.1. Mantenimiento correctivo programado.....	11
1.2.1.2. Mantenimiento correctivo no programable.....	11
1.2.2. Mantenimiento preventivo.....	12
1.2.2.1. Desventajas del mantenimiento preventivo.....	13
1.2.3. Mantenimiento predictivo.....	14
1.2.3.1. Ventajas del mantenimiento predictivo.....	15
1.2.4. Órdenes de trabajo.....	16
1.2.4.1. Orden de mantenimiento correctivo.....	16
1.2.4.2. Orden de mantenimiento preventivo.....	17
1.2.4.3. Orden de reconstrucción.....	17
1.2.4.4. Orden de inversión o proyectos nuevos.....	17
1.2.5. Generaciones del mantenimiento.....	17
1.2.5.1. Primera generación.....	19
1.2.5.1.1. Mantenimiento por falla.....	20
1.2.5.1.2. Repárelo cuando pueda.....	20
1.2.5.2. Segunda generación.....	20
1.2.5.2.1. Relación entre probabilidad de falla y la edad.....	20
1.2.5.2.2. Mantenimiento correctivo planeado.....	21
1.2.5.2.3. Sistemas para planeación y control.....	21
1.2.5.3. Tercera generación.....	21
1.2.5.3.1. Rutinas de mantenimiento preventivo.....	21
1.2.5.3.2. Multi-habilidades de los equipos de trabajo.....	22
1.2.5.3.3. Análisis causa/efecto.....	22
1.2.5.3.4. Involucramiento de otros departamentos (TPM).....	23
1.2.5.3.5. Concepto de las cinco s.....	24

1.2.5.4. Cuarta generación.....	26
1.2.5.4.1. Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	26
1.2.5.4.2. Mantenimiento como fuente de beneficios.....	27
1.2.5.4.3. Análisis de riesgos.....	27
1.2.5.4.4. Compromiso de todos los departamentos.....	28
1.2.5.4.5. Mantenimiento como proceso.....	29
1.2.5.4.6. Análisis y diagnóstico del departamento de mantenimiento.....	29
1.2.5.4.7. Selección del <i>software</i> de mantenimiento.....	30
1.2.5.4.8. Organización que aprende.....	30
1.2.6. Codificación de equipos.....	30
1.2.7. Monitoreo de condición.....	32
1.2.7.1. Definición.....	32
1.2.7.2. Elementos que integran un programa de monitoreo de condición.....	33
1.2.7.3. Como se usa efectivamente.....	34
1.2.8. Indicadores de efectividad.....	36
1.2.8.1. Disponibilidad.....	36
1.2.8.2. MTBF.....	37
1.2.8.3. MTTR.....	38
1.2.9. Inspecciones visuales.....	38
1.2.10 Evaluación de equipos.....	39
1.2.10.1 Clasificación de equipos según su criticidad.....	39
1.2.10.2. Definición de falla.....	40
1.2.10.3. Clasificación de fallas.....	41

1.2.10.4. Análisis causa raíz.....	46
1.2.10.5. Definir prioridades	47
1.2.10.6. Perfil de riesgo.....	49
1.2.11. VOSO.....	50
1.2.11.1. Ver.....	51
1.2.11.2. Oír.....	51
1.2.11.3. Sentir.....	51
1.2.11.4. Oler.....	51
1.2.12. Monitoreo de vibraciones.....	51
1.2.13. Muestreo de aceites.....	53
1.2.13.1. Procedimiento y frecuencia de la toma de muestras.....	53
1.2.13.2. Parámetros para medir un análisis de aceites.....	55
1.2.13.3. Causas de desgaste.....	58
1.2.13.4. Polución mecánica.....	59
1.2.14. Medición de desgaste.....	59
1.2.14.1. Desgaste de espesores.....	59
1.2.14.2. Desgaste de superficies.....	60
1.2.15. Termografía.....	60
1.2.16. Monitoreo en línea.....	61
1.2.17. Alineamientos.....	62
1.2.18. Temperatura.....	63
1.2.19. Ultrasonido.....	64
1.2.20. Partículas magnéticas.....	66
1.3. Evaluación de la situación actual y definición de los requerimientos para el programa de monitoreo de condición.....	68
1.3.1. Evaluación de la situación actual.....	68
1.3.1.1. Cultura.....	68
1.3.1.1.1. Organización.....	69

1.3.1.1.2.	Capacitación.....	70
1.3.1.1.3.	Habilidad sistemática para la resolución de problemas.....	70
1.3.1.2.	Evaluación de equipos.....	71
1.3.1.2.1.	Criticidad de equipos.....	72
1.3.1.2.2.	Indicadores visuales.....	72
1.3.1.2.3.	Monitoreo de vibraciones.....	73
1.3.1.2.4.	Análisis de aceites.....	73
1.3.1.2.5.	Termografía.....	74
1.3.1.3.	Datos.....	74
1.3.1.3.1.	Especificación de los niveles de alarma actuales.....	75
1.3.1.3.2.	Criterio para clasificación de estado general.....	77
1.3.1.4.	Evaluación financiera.....	79
1.3.2.	Evaluación de los requerimientos.....	81
1.3.2.1.	Cultura.....	81
1.3.2.1.1.	Requerimientos de personal.....	82
1.3.2.1.2.	Requerimientos de capacitación.....	84
1.3.2.2.	Evaluación de equipos.....	85
1.3.2.2.1.	Programa de visualización.....	85
1.3.2.2.2.	Análisis de vibraciones.....	86
1.3.2.2.3.	Análisis de aceites.....	86
1.3.2.2.4.	Termografía.....	87
1.3.2.2.5.	Total de equipos propuestos para el programa de monitoreo de condición.....	88
1.3.2.3.	Datos.....	89
1.3.2.3.1.	Especificación de los niveles de alarma en base a historial.....	89

1.3.2.4. Evaluación financiera.....	91
1.3.3. Análisis de resultados.....	92
1.3.3.1. Comparación actual y requerimientos.....	93
1.3.3.2. Definición de la brecha.....	93
2. Diseño del programa de monitoreo de condiciones.....	95
2.1. Rutinas de inspección, definición de rutas y procedimientos.....	95
2.1.1. VOSO.....	95
2.1.2. Inspecciones visuales.....	106
2.2. Programa de mediciones, definición de rutas y procedimientos.....	110
2.2.1. Vibraciones.....	110
2.2.2. Temperaturas.....	117
2.2.3. Alineamientos.....	124
2.2.4. Desgastes.....	127
2.2.5. ultrasonido.....	130
2.2.6. Partículas magnéticas.....	132
2.2.7. Endoscopía.....	134
2.2.8. Análisis de aceites.....	136
2.2.9. Termografía.....	140
CONCLUSIONES.....	149
RECOMENDACIONES.....	151
APÉNDICE.....	153
BIBLIOGRAFÍA.....	157

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama actual de la planta San Miguel.....	7
2	Organigrama del departamento de mantenimiento mecánico.....	10
3	Evolución del mantenimiento en la industria.....	19
4	Estructura del código de identificación HAC.....	31
5	Ciclo de ejecución del monitoreo de condiciones.....	35
6	Desarrollo de fallas.....	42
7	Curva característica de falla.....	43
8	Tipos de curvas de falla.....	45
9	Matriz de categorización de fallas.....	48
10	Matriz del perfil de riesgo.....	50
11	Puntos de toma de vibraciones.....	52
12	Tipos de desalineación.....	62
13	Gráfica de tendencia de costos totales.....	80
14	Gráfica de comparación de costos.....	80
15	Organización del proyecto.....	83
16	Clave modelo VOSO.....	96
17	Lámpara estroboscópica.....	99
18	Inspección visual con lámpara estroboscópica.....	107
19	Clave modelo inspecciones visuales.....	100
20	Menú principal Data PAC 1500.....	102
21	Medición de vibración.....	111
22	Clave modelo vibraciones.....	112

23	Termómetro infrarrojo Raytek.....	117
24	Medición de temperatura.....	117
25	Clave modelo temperaturas.....	118
26	Clave modelo temperatura hornos.....	119
27	Menú principal Combi Láser M	125
28	Equipo de alineación.....	125
29	Clave modelo alineamientos.....	126
30	Clave modelo desgaste molino atox.....	128
31	Clave modelo desgaste con escantillón en OK's.....	129
32	Clave modelo ultrasonido.....	131
33	Forma de colocación del electroimán.....	132
34	Clave modelo partículas magnéticas.....	133
35	FibroscoPIO industrial.....	134
36	Clave modelo endoscopia.....	135
37	Punto de toma de muestra de aceites	136
38	Equipo de análisis.....	136
39	Clave modelo muestreo de aceites.....	137
40	Cámara termográfica P60	140
41	Termografía.....	140
42	Plan de actividades para monitoreo de condiciones.....	143

TABLAS

I	Descripción del código HAC.....	31
II	Actividad específica del grupo de equipos.....	32
III	Técnicas de inspección visual.....	39
IV	Probabilidad de ocurrencia de fallas.....	48

V	Clasificación de severidad de fallas.....	48
VI	Criterio para el perfil de riesgo.....	49
VII	Tipos de contaminación.....	56
VIII	Desgaste de metales y límites de precaución.....	56
IX	Pruebas, límites de precaución y condenatorios.....	57
X	Inspección visual de agua en el aceite.....	58
XI	Causas de daños.....	58
XII	Resumen de equipos actuales en el programa cm.....	74
XIII	Criterio para clasificación de estado general.....	77
XIV	Listado de cursos que se impartirán.....	85
XV	Resumen de equipos propuestos para el programa de monitoreo de condiciones.....	88
XVI	Comparación de resultados.....	93
XVII	Cálculo de la brecha.....	94
XVIII	Rutas voso.....	97-106
XIX	Rutas de inspecciones visuales.....	109
XX	Rutas de vibraciones.....	113-116
XXI	Rutas de temperaturas.....	120-124
XXII	Rutas alineamientos.....	127
XXIII	Rutas de desgaste.....	130
XXIV	Rutas de partículas magnéticas.....	134
XXV	Rutas de endoscopía.....	136
XXVI	Rutas de análisis de aceites.....	138-139
XXVII	Rutas de termografía.....	141-142

GLOSARIO

Archivosm	Sistema informático en el cual se guarda la información de la Planta San Miguel de Cementos Progreso S. A.
Clinker	Materia prima para la fabricación de cemento.
Clinkerización	Proceso en el cual la piedra caliza se transforma en clinker.
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis.</i> (Análisis de Modos y efectos de fallas.
HAC	Sistema de Codificación de Equipos.
ISO	<i>International Standard Organization.</i> (Organización Internacional de Estandarización).
KPI's	Indicadores Claves de Desempeño.
MAC	Mantenimiento de Cemento.

MC **Monitoreo de Condiciones.** Es la medición de las variables de los equipos que se consideran representativas de la condición de estos, comparándolas con patrones establecidos se puede dar un diagnóstico de su estado.

Mantenimiento

Correctivo Es la actividad desarrollada para corregir cualquier comportamiento de los equipos en sus funciones primarias o secundarias cuando por cualquier causa se han salido de los parámetros normales de operación, o bien la realización de los cambios necesarios del diseño original para el mejoramiento del desempeño y la facilidad de los trabajos de mantenimiento.

Mantenimiento

Preventivo Son las revisiones, inspecciones, mediciones e intervenciones programadas en los equipos o sus componentes.

MTBF ***Medium time between failures.*** (tiempo promedio entre fallas).

MTTR ***Medium time to repair.*** (tiempo medio para la reparación).

OT	Orden de trabajo.
PMR's	Program maintenance routines. (Programa de rutinas de mantenimiento). Rutinas de mantenimiento establecidas de acuerdo a las condiciones particulares de cada planta.
ppm	Partes por millón.
Punto de alarma	Nivel en el cual se sobrepasa la condición normal de operación de un equipo.
SAC	Sistema de administración de calidad.
SAP	Sistema aplicaciones y productos para procesamiento de información.
TPM	Total productive maintenance (mantenimiento productivo total)
TTR	Tasa de rendimiento total.
VOSO	Ver, oír, sentir, oler.

RESUMEN

Todo esfuerzo que se realice para preservar la función deseada de un equipo en la industria, se considera como mantenimiento, dependiendo del tipo de actividad así será el tipo de mantenimiento que estamos aplicando, y con el objetivo de evitar fallas y minimizar costos se utilizan herramientas avanzadas y técnicas científicas para medir ciertos parámetros de los equipos y poder analizar su conducta con respecto del tiempo.

El monitoreo de condiciones es un método que utiliza técnicas como: monitoreo de vibraciones, análisis de aceites, mediciones de temperaturas, voso, ultrasonido, partículas magnéticas, medición del desgaste, inspecciones visuales y termografía, las cuales, con apoyo de técnicas estadísticas nos ayudan a predecir, con cierta exactitud, el tiempo durante el cuál se conservarán las funciones requeridas de los equipos, en los párrafos siguientes encontrará el desarrollo de estos temas.

Con referencia a las técnicas de Monitoreo de Condiciones se evaluaron los equipos, y basados en los resultados, agregamos aquellos que por su criticidad merecen ser integrados al Programa de Monitoreo de Condiciones, se definen las rutas que corresponden a cada técnica y por área de proceso, se ordenan para la programación y ejecución en el plan anual de mantenimiento.

OBJETIVOS

Generales

1. Seleccionar e integrar al Programa de Monitoreo de Condiciones todo aquel equipo que por su criticidad debe ser monitoreado.
2. Lograr que el Programa de Monitoreo de Condiciones, cumpla de manera efectiva su función.
3. Mejorar la eficiencia del programa de Mantenimiento Preventivo.

Específicos

1. Definir los conceptos de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, para unificar criterios en cada una de las áreas de mantenimiento.
2. Hacer un análisis de la situación actual en cuanto a: cultura, evaluación de equipos, datos y costos.
3. Hacer una evaluación de los requerimientos en cuanto a: cultura, evaluación de equipos, datos y costos.
4. Determinar la brecha.
5. Diseñar las claves modelos y las rutas para la implementación de las técnicas de monitoreo de condiciones.

INTRODUCCIÓN

La empresa Cementos Progreso,S.A. ha hecho diferentes esfuerzos y ha emprendido actividades con el objetivo de mantener el liderazgo en su ramo.

El concepto MAC es un sistema que conjuga diferentes técnicas para la gestión de mantenimiento en plantas de cemento. Dentro de estas técnicas se encuentra el Monitoreo de Condiciones, que busca mejorar la eficiencia en el programa de mantenimiento preventivo, disminuir la probabilidad de fallas y aumentar las disponibilidad de los equipos.

Con el objetivo de mejorar la eficiencia en los programas de mantenimiento, se ha decidido realizar un estudio sobre la situación actual del Programa de monitoreo de condiciones y presentar las recomendaciones para que cumpla de manera efectiva con los objetivos.

Los dos capítulos de los que consta el presente trabajo, están divididos en cuatro partes:

Al inicio del presente trabajo se hace una breve descripción de la empresa Cementos Progreso,S.A. y sus diferentes departamentos.

Luego se definen los diferentes tipos de mantenimiento, que se utilizan para la ejecución del mantenimiento general dentro de la planta, se definen los tipos de órdenes de trabajo y su codificación, además se presenta la evolución del mantenimiento en el tiempo y las culturas de cada generación.

En lo que respecta a Monitoreo de Condiciones se definen, los diferentes elementos que lo integran y la manera de utilizarse para hacerlo efectivo.

Para conocer el desempeño de los equipos se definen herramientas que miden el comportamiento de cada uno de ellos como son: Disponibilidad, MTBF y MTTR.

Se encontrará el análisis de la situación actual en la que se basa la ampliación del programa de monitoreo de condiciones.

En la última sección se encuentra la manera en que se realizan las actividades, los listados de los equipos a los cuales se les practicarán las diferentes técnicas de monitoreo de condiciones, y el correspondiente cronograma de actividades.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

1.1.1. Descripción de Cementos Progreso, S.A.

Con mucha visión y con la idea clara de fundar una de las primeras fábricas de cemento en Latinoamérica, un 18 de octubre de 1899, Don Carlos Federico Novella Klée creó la empresa Carlos F. Novela y Cía. Don Carlos se aventuró a invertir en una cementera, ejerciendo desde ese momento un liderazgo transformador ya que en ese tiempo el cemento no era el material que Guatemala utilizaba para la construcción.

En 1901 se inició la comercialización del cemento producido en la Finca La Pedrera. A raíz del terremoto de 1917 se inició la verdadera demanda del producto ya que todas aquellas construcciones hechas con cemento soportaron las inclemencias de tal fenómeno natural. En 1965 se adquirió la Finca San Miguel Río Abajo en Sanarate, El Progreso. En 1971 se inició la construcción de la primera línea en la planta San Miguel. Siete años después, en 1978, se construyó la segunda línea y se legalizó el nombre de **Cementos Progreso, S.A.** En 1996 principió la construcción de la tercera línea que arrancó en 1998.

Con formato: Numeración y viñetas

1.1.1.1. Tipos de cemento más comunes producidos en la planta

UGC: es un cemento con adición de más del 15% de toba volcánica (puzolana natural). Cumple con la norma ASTM C 595 para el cemento tipo IP y con la norma ASTM C 1157 para el cemento tipo GU.

5,000 psi: es un cemento Pórtland tipo I. Cumple con la norma ASTM C 150.

4,000 psi: es un cemento tipo I(PM) con la adición de hasta 15% de toba volcánica (puzolana natural), que cumple con la norma ASTM C 595

1.1.1.2. Tipo de cal producida en la planta

Cal HORCALSA: es una cal tipo S o especial. Cumple con las normas COGUANOR NGO 41018 cal hidratada, ANSI/ASTM C207 Y C206.

1.1.2. Descripción de las diferentes áreas de procesos

← Con formato: Numeración y viñetas

1.1.2.1. Descripción del departamento de trituración

Es el responsable directo de proveer a la planta de las materias primas esenciales para la fabricación de sus productos principales: Cemento Pórtland y Cal Hidratada. Estas materias son: caliza, esquistos, yeso, tobas, hematita y puzolana.

Estos materiales son procesados bajo un estricto control de calidad que garantiza que estarán disponibles para el proceso en la cantidad necesaria, con la composición química correcta y con la granulometría adecuada.

1.1.2.2. Descripción del departamento de molinos de mezcla

El área de harina cruda cuenta con tres líneas de producción, una de ellas con un molino vertical y las restantes con molinos de bolas. Todas las líneas son controladas por los operadores de control central.

El proceso de fabricación de harina cruda cuenta con tres etapas:

- a) Extracción de materia prima y alimentación al molino: la materia prima se almacena en silos, tolvas o en la galera de pre-homogenización.
- b) Molienda de materia prima: sucede dentro del molino propiamente dicho y abarca también el control de la finura (que se lleva a cabo en los separadores de partículas) y de propiedades químicas del producto.
- c) Recolección del producto y almacenaje: en esta etapa se recolecta el producto luego de salir de la etapa de molienda y es transportado hacia los silos de almacenaje.

1.1.2.3. Descripción del departamento de hornos de clinker

El Departamento de clinker cuenta con tres líneas de producción: líneas 1 y 2, hornos vía seca con 4 precalentadores y enfriadores de satélites; línea 3, horno vía seca con 5 precalentadores, calcinador en línea y enfriador de parrillas. Las tres líneas de producción son operadas desde Control Central.

El proceso de fabricación de Clinker cuenta con tres etapas que son:

- a) Extracción de materia prima y alimentación al horno: la materia prima proporcionada por el departamento de harina cruda, se encuentra almacenada en silos. Esta materia prima es transportada a los hornos, por sistemas mecánicos y neumáticos, pasando por dosificadores con control de pesaje.

- b) Proceso de transformación o clinkerización: es el proceso que se da dentro del horno, por la transformación química de los elementos de la harina cruda, en clinker; debido a los gradientes de presión y temperatura generados por el sistema.

- c) Recolección del producto y almacenaje: esta es la etapa en la que el producto es llevado por medios mecánicos, hacia los almacenes de producto terminado.

1.1.2.4. Descripción del departamento de molinos de cemento

El área de cemento cuenta con dos líneas de producción de cemento con molinos verticales, dos líneas de producción de cemento con molinos de bolas y una línea de premolienda de clinker para alimentar a los molinos de bolas.

El proceso de fabricación de cemento cuenta con tres etapas:

- a) Extracción de materia prima y alimentación al molino: la materia prima se almacena en silos, tolvas o en la galera de Clinker. En cualquier caso, existe un sistema de pesaje para obtener la cantidad deseada de cada material en el sistema de transporte hacia el molino.

- b) Molienda de la materia prima: sucede dentro del molino propiamente dicho y abarca también el control de la fineza del producto, que se lleva a cabo en los separadores de partículas.

- c) Recolección del producto y almacenaje: en esta etapa se recolecta el producto luego de salir de la etapa de molienda y es transportado hacia los silos de almacenaje, antes de su despacho

1.2.2.5. Descripción del departamento de envasado y despacho de cemento

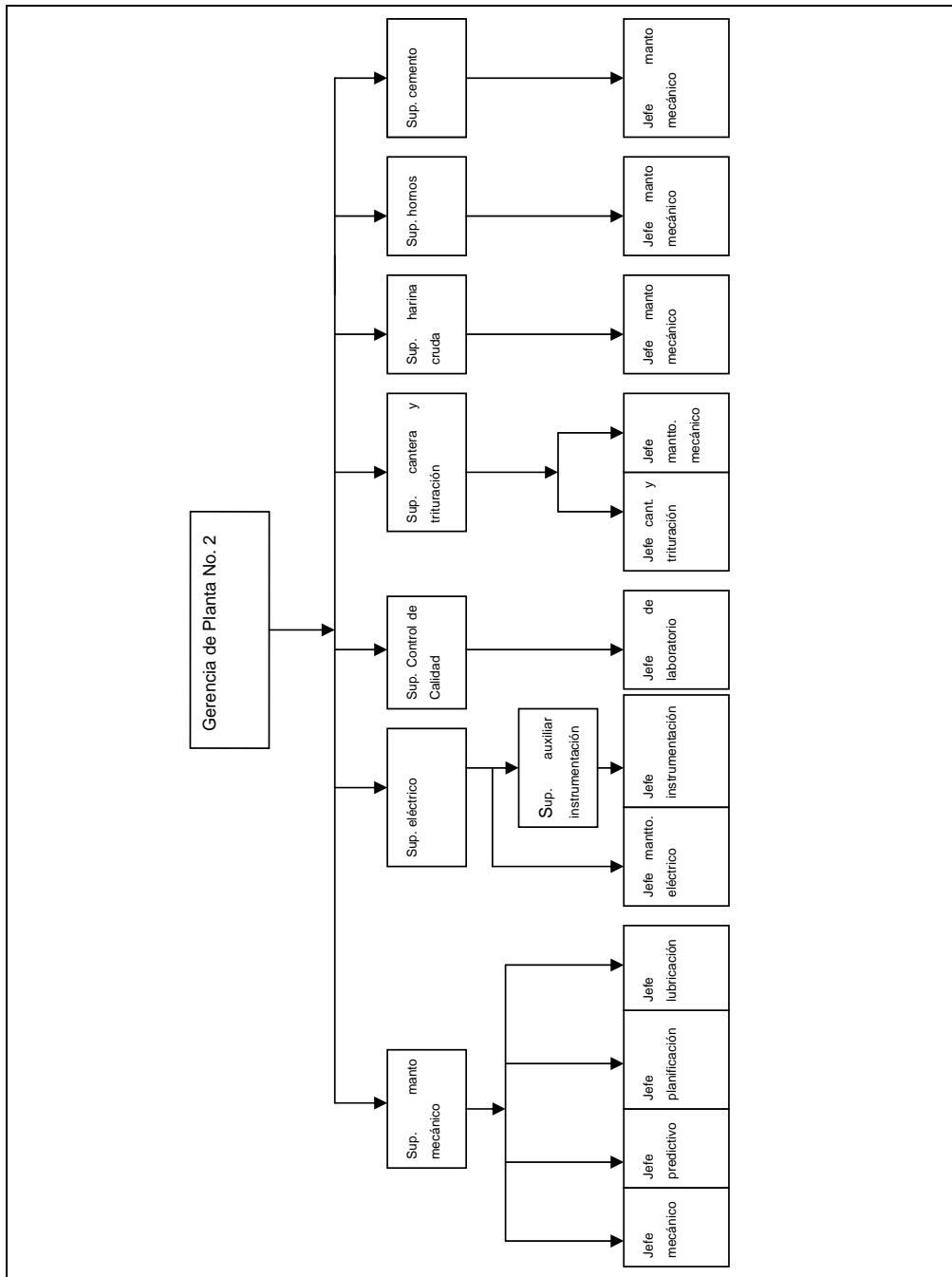
En planta San Miguel se tienen dos líneas de carga directa hacia las plataformas del camión denominadas envasadoras manuales, donde directamente el personal cargador de cemento coloca los sacos ordenadamente sobre la plataforma.

Se tiene también en Cempro SM la disponibilidad de dos máquinas con aplicación automática del saco o bolsa de papel donde intervienen mecanismos automáticos para el proceso de envase y despacho, así como el de transporte de carga que se hace por medio de un montacargas, por lo que las características principales de estos sistemas en los equipos contribuyen en gran parte a que la manipulación del saco genere las condiciones y especificaciones en que debe satisfacer el tipo de empaque a usar en el proceso.

1.1.2.6. Descripción del departamento de cal

El proceso de fabricación de cal empieza con la extracción de materia prima (piedra caliza) luego pasa a ser triturada, con lo que se logra el tamaño adecuado de la piedra, después la piedra pasa por un horno rotativo donde adquiere ciertas características, tanto químicas como físicas debido a los gradientes de presión y temperatura, después ingresa nuevamente a una trituradora para luego pasar a la hidratadora donde se le atomiza agua, ya hidratada la cal pasa por un separador de partículas el cual deja pasar las partículas más livianas y retiene las pesadas para enviarlas a un molino de bolas para que logren alcanzar el tamaño adecuado, y por último la cal hidratada es enviada a los silos para luego ser despachada.

Figura 1 Organigrama actual de la Planta San Miguel



1.1.2.7. Descripción del departamento de mantenimiento mecánico

Objetivo

Asegurar la competitividad de la planta San Miguel por medio de:

- ✓ Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeada de la función deseada
- ✓ Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa
- ✓ Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente
- ✓ Maximizar el beneficio global

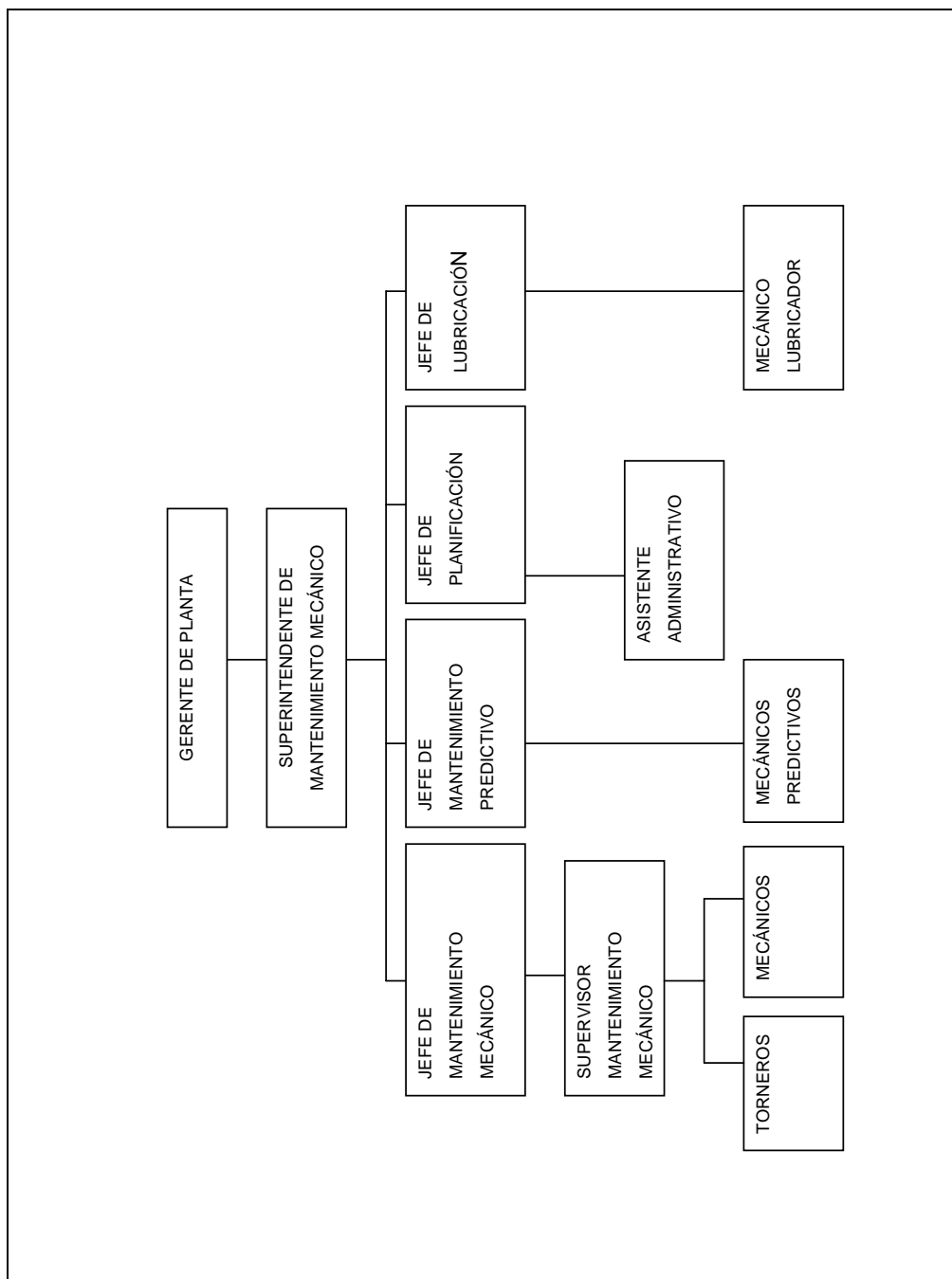
En la planta San Miguel de Cementos Progreso,S.A. con el apoyo de Holcim Internacional se ha iniciado el camino hacia la práctica de un mantenimiento de clase mundial, para poder seguir siendo una empresa competitiva. Se cuenta con herramientas de *software* como SAP, que apoyan la gestión de mantenimiento. Se cumplen con tareas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

Existe una distribución de mecánicos por áreas, los cuales se encargan de la ejecución de las tareas de mantenimiento indicadas por las órdenes de trabajo, las cuales son programadas por personal encargado directamente de la planificación del mantenimiento.

Las funciones de mantenimiento están descentralizadas y existen especialistas para cada área de mantenimiento, se cuenta con un taller eléctrico y el taller mecánico, departamento de planificación y departamento de mantenimiento predictivo.

El Departamento de Mantenimiento Predictivo cumple una función de apoyo para las diferentes áreas de procesos, está integrado por 14 personas las que se encargan de tomar las mediciones respectivas y de su análisis para planificar con las áreas de procesos las tareas de mantenimiento.

Figura 2 Organigrama del Departamento de Mantenimiento Mecánico



1.2 Fundamentos teóricos del monitoreo de condición

1.2.1. Mantenimiento correctivo

Es la actividad desarrollada para corregir cualquier comportamiento de los equipos en sus funciones primarias (aquellas para las que el elemento fue diseñado) o secundarias (las que cumplen funciones de apoyo a las primarias), cuando por cualquier causa se han salido de los parámetros normales de operación, o bien la realización de los cambios necesarios del diseño original para el mejoramiento del desempeño y la facilidad de los trabajos de mantenimiento.

1.2.1.1. Mantenimiento correctivo programado

Cosiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo, una vez que han fallado. Es la reparación de la falla (falla funcional), su reparación puede ser diferida en el tiempo, es programable.

1.2.1.2. Mantenimiento correctivo no programable

Consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado. Es la reparación de la falla (falla funcional). Ocurre de emergencia.

Su reparación no puede ser diferida en el tiempo.

El mantenimiento correctivo presenta tres desventajas básicas:

- ✓ Permitir un fallo en el componente de una máquina, provoca costos altos.

- ✓ El fallo puede ocurrir a una hora muy inconveniente, o sí el equipo es móvil, en un lugar inconveniente, de manera que no están disponibles, ni el personal ni los repuestos necesarios para su reparación.

- ✓ Hay plantas que no pueden ser paradas de un momento a otro, ya sea porque prestan un servicio esencial o porque manejan productos tales que se deterioran.

1.2.2. Mantenimiento preventivo

Son las revisiones, inspecciones, mediciones e intervenciones programadas en los equipos o sus componentes. Estas actividades pueden ser periódicas o cíclicas (diaria, semanal, mensual, anual, horas, kilómetros, etc.). En todo caso una actividad de mantenimiento preventivo puede o no tener como consecuencia una intervención correctiva o de cambio.

Un buen plan de mantenimiento preventivo cumple con las siguientes actividades

- ✓ **PMR's** Son programas de rutinas de mantenimiento establecidas de acuerdo a las condiciones de operación particulares de cada planta. Estas rutinas de mantenimiento deben ser además programadas en base al nivel de operación de los equipos. Dependiendo del tiempo de operación pueden ser diarias, semanales, mensuales, trimestrales o anuales.

- ✓ **Lubricación** Programa de lubricación para cada equipo o componente, de acuerdo a las especificaciones del fabricante y a las condiciones de operación del proceso.

- ✓ **Recambio periódico de partes** Consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes. Independiente de su estado en ese momento.

Con formato: Numeración y viñetas

1.2.2.1. Desventajas del mantenimiento preventivo

- ✓ Algunos fallos de todas formas ocurrirán entre los intervalos de reparación, y esto puede ser inesperado e inconveniente

- ✓ Durante la detención, muchos componentes en buenas condiciones se desmontarán, se inspeccionarán, o se cambiarán innecesariamente, y sí se comete algún error en el reensamble, la condición final de la máquina puede ser peor que antes de realizar la intervención.

- ✓ Como en una reparación general, se requiere examinar gran número de elementos, ello puede tomar un tiempo considerable y puede resultar en una gran pérdida de producción.

- ✓ Aumento de los costo por incremento del almacén de repuestos y materiales.

1.2.3. Mantenimiento predictivo

Servicios de seguimiento del comportamiento de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimaciones hechas por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.

Servicios de inspecciones y mediciones, recopilación, procesamiento y análisis de la información de las condiciones generales del funcionamiento de los equipos, con el objetivo de generar un diagnóstico y determinar el momento en el cual será necesaria una intervención de reparación.

Las actividades del mantenimiento predictivo pueden ser continuas o periódicas dependiendo de la naturaleza de la planta, pero no deben intervenir con los procesos normales de ésta.

El principio del mantenimiento predictivo es que la intervención correctiva a la máquina se realiza únicamente cuando las mediciones indican que es necesario.

Siempre se debe tener una base de datos donde se registra toda la información que puede servir para el análisis de la tendencia con respecto al tiempo del funcionamiento de los equipos y así poder hacer un diagnóstico sobre posibles fallas y poder programar su corrección.

1.2.3.1. Ventajas del mantenimiento predictivo

✓ Reduce el tiempo de parada, al conocerse exactamente que órgano es el que falla

✓ Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo

← **Con formato:** Numeración y viñetas

✓ Optimiza la gestión del personal de mantenimiento

← **Con formato:** Numeración y viñetas

✓ Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida

← **Con formato:** Numeración y viñetas

✓ La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos

← **Con formato:** Numeración y viñetas

✓ Se conoce con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto

← **Con formato:** Numeración y viñetas

✓ Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos

← **Con formato:** Numeración y viñetas

✓ Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos

← **Con formato:** Numeración y viñetas

✓ Permite el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo

← **Con formato:** Numeración y viñetas

✓ Facilita el análisis de las averías

← **Con formato:** Numeración y viñetas

✓ Permite el análisis estadístico del sistema

✓ Disminución del almacén de repuestos

1.2.4. Órdenes de trabajo (OT's)

Son cuatro los tipos básicos de órdenes de trabajo las cuales se identifican con los siguientes códigos:

<u>Código</u>	<u>Descripción</u>
PM01	Orden de mantenimiento correctivo
PM02	Orden de mantenimiento preventivo
PM04	Orden de reconstrucción
PM06	Orden de inversión (proyectos nuevos)

1.2.4.1. PM01 – Orden de mantenimiento correctivo

Esta orden es creada para la ejecución de un trabajo de reparación de una falla parcial o completa de las funciones primarias o secundarias de una pieza de equipo.

Esta orden también es creada para la realización de una tarea de modificación en el diseño original de un equipo, cuando se sustituyen partes que presentan características diferentes a las originales.

1.2.4.2. PM02 – Orden de mantenimiento preventivo

Una orden de mantenimiento preventivo es creada para la ejecución de un trabajo de mantenimiento en un equipo el cual se practica de forma periódica o cíclica, (horas, millas, kilómetros, diaria, semanal, etc.).

1.2.4.3. PM04 – Orden de reconstrucción

Esta orden es creada para la ejecución de un trabajo de mantenimiento en un equipo o material, la cual contempla la reconstrucción de la pieza o equipo. Y este equipo es almacenado para usarse en el futuro.

1.2.4.4. PM06 – Orden de inversión o proyectos nuevos

Este tipo de orden es creada cuando existe la opción de remplazar un equipo por otro de mejor eficiencia.

También es creada cuando existe la necesidad de modificar un equipo para incrementar sus capacidades.

Otro caso es cuando existe la necesidad de remplazar un equipo por otro de mayor capacidad.

1.2.5. Generaciones del mantenimiento

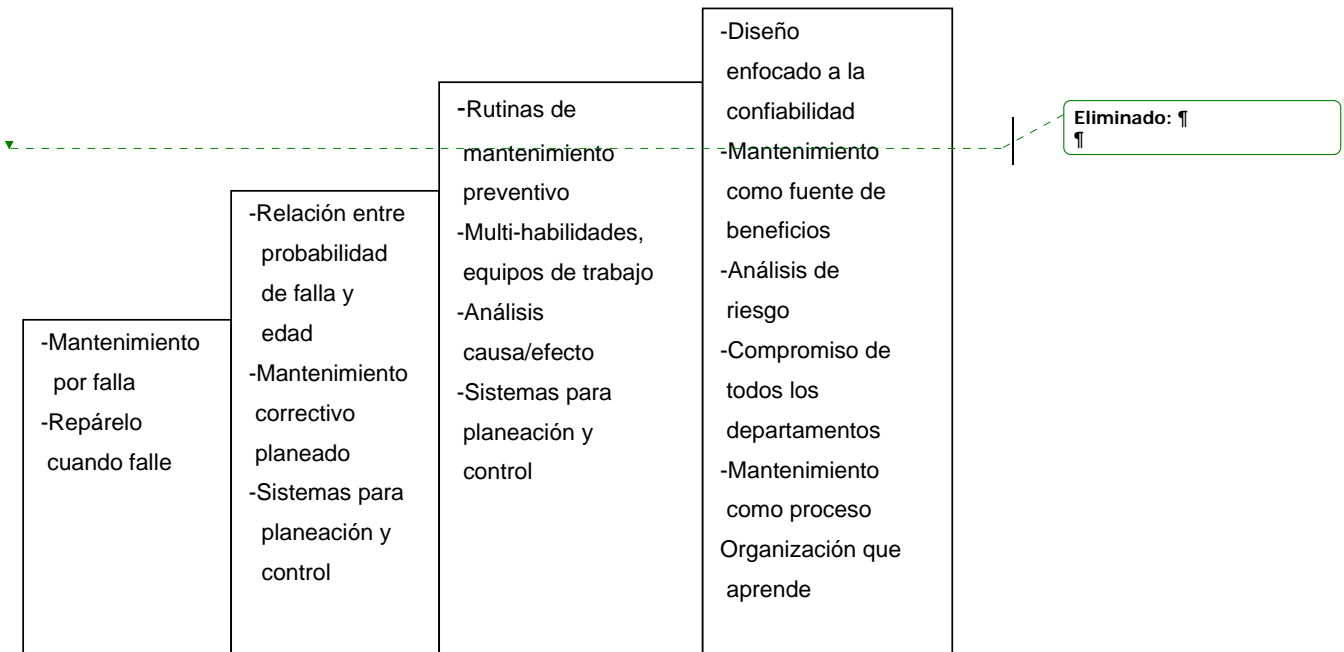
El hombre desde su aparición en la tierra ha tenido la necesidad de auxiliarse de equipos y herramientas. Como todo en la naturaleza tiende a degradarse, necesita de un mantenimiento para prolongar su vida de servicio.

Para alcanzar este objetivo se han utilizado diferentes técnicas, las cuales han evolucionado de acuerdo a las exigencias, afectadas por diferentes factores.

Con la evolución de los mercados y clientes más exigentes, las industrias deben cumplir con estándares de productividad y calidad en sus productos y servicios que satisfagan al cliente, desde luego que estos productos y servicios deben de mantener costos bajos para poder ser competitivos.

Así las industrias han adoptado nuevas técnicas que les ayuden a cumplir con sus objetivos y el mantenimiento de los equipos es en gran parte responsable de mantener la calidad de los productos y cumplir con las demandas de producción de los clientes. De tal manera que ha evolucionado conforme a las exigencias de las sociedades industriales

Figura 3 Evolución del mantenimiento en la industria



Aquí se presentan algunas de las características principales de cada una de las generaciones del mantenimiento.

1.2.5.1. Primera generación

Esta generación se caracteriza por practicar un tipo de mantenimiento en donde las actividades no tienen una programación establecida. El mantenimiento se relega hasta los niveles más bajos en la escala de importancia.

1.2.5.1.1. Mantenimiento por falla

Es el mantenimiento que se practica únicamente cuando el equipo ha dejado de funcionar o cumplir con el objetivo para el cual ha sido diseñado.

1.2.5.1.2. Repárelo cuando pueda

No existe ninguna programación para las reparaciones, todo se realiza de manera que no existe ninguna planificación para las intervenciones de servicios.

1.2.5.2. Segunda generación

En esta generación, la necesidad de aumentar la producción, mantener o mejorar los estándares de calidad, se hace necesario corregir las fallas en el menor tiempo posible y tratar de evitar que estas se presenten, y para esto se crean equipos especializados en el mantenimiento.

1.2.5.2.1. Relación entre la probabilidad de la falla y la edad

Cambio de partes tomando en consideración el tiempo de servicio de los equipos, con el objetivo de prevenir las fallas. Aquí empiezan a aparecer conceptos de mantenimiento preventivo.

1.2.5.2.2. Mantenimiento correctivo planeado

Reparaciones en base a programas establecidos, coordinando las actividades con el departamento de producción, para que se realicen en las horas mas adecuadas.

1.2.5.2.3. Sistemas para planeación y control

Conformación de equipos, coordinación entre departamentos y supervisión de las actividades realizadas, para asegurar la efectividad de los servicios. Creación de equipos especializados en detección de fallas.

1.2.5.3. Tercera generación

Con un avanzado desarrollo en la electrónica, equipos de medición y análisis, el mantenimiento toma una nueva visión, y dedica muchos recursos a la recolección de información sobre la conducta de funcionamiento de los equipos, con el objetivo de predecir la condición de estos y programar las intervenciones de mantenimiento.

Las siguientes son actividades que caracterizan a la tercera generación de mantenimiento.

1.2.5.3.1. Rutinas de mantenimiento preventivo

Mantenimiento caracterizado por una alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando los sentidos humanos y sin provocar la indisponibilidad de los equipos, con el objetivo de acompañar el desempeño de sus componentes.

Inspecciones utilizando técnicas de VOSO (ver, oír, sentir y oler), lubricación, limpieza, mediciones, inspecciones visuales, temperaturas, chequeo de niveles de lubricantes etc.

1.2.5.3.2. Multi-habilidades de los equipos de trabajo

En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar a todas las preguntas por sí mismos. Esto es porque muchas (si no la mayoría) de las contestaciones sólo puede proporcionarlas el personal operativo o el de producción. Lo cual se refiere a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de los fallos y las consecuencias de los mismos.

Por esta razón, una revisión de los requisitos del mantenimiento de cualquier equipo debería hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan por lo menos una persona de la función del mantenimiento y otra de la producción. La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando.

1.2.5.3.3. Análisis causa / efecto

Es una herramienta utilizada para identificar las causas que originan los fallos o problemas, las cuales al ser corregidas evitarán los mismos.

Hacer un estudio de toda la información que se pueda recabar de un suceso nos puede ser de gran utilidad para diagnosticar la causa que lo provocó, y así podemos aprovechar toda la experiencia para manipular un posible evento futuro.

La aplicación del análisis causa / efecto consta de cinco etapas básicas

- ✓ Recolección de la información
- ✓ Análisis de la información
- ✓ Acciones correctivas
- ✓ Informe
- ✓ Verificación

1.2.5.3.4. Involucramiento de otros departamentos (TPM)

El **TPM (Total Productive Maintenance)** Es un concepto japonés utilizado con el objetivo de mejorar los productos y servicios. Tiene como concepto básico la reformulación y la mejora de la estructura empresarial a partir de la reestructuración y la mejora de las personas y de los equipos, con el compromiso de todos los niveles jerárquicos y de la postura organizacional. Aplicado a la industria se puede interpretar como **conservación de los medios de producción por todos.**

El TPM es una herramienta poderosa para vencer los desafíos de la productividad y la calidad. De esta manera se puede decir que el TPM es una técnica para producir productos de buena calidad a bajos costos. Una de las formas mas comunes de implementar el sistema se consigue de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Creación de la figura del facilitador en la confiabilidad operacional
2. Limpieza inicial
3. Estudio de medidas de contención de fuentes de contaminación
4. Creación de estándares de limpieza y lubricación

← Con formato: Numeración y viñetas

5. Inspección global
6. Creación de estándares de mantenimiento autónomo
7. Aplicación de procesos de aseguramiento de calidad
8. Supervisión autónoma
9. Aplicación de conceptos de las 5 S
10. Aplicación de conceptos conocidos anteriormente en mantenimiento preventivo
11. Plan de adiestramiento continuo
12. Creación de un sistema de evaluación y seguimiento al sistema aplicado

1.2.5.3.5. Concepto de las cinco “S”

Basada en palabras japonesas que comienzan con una “S” esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo. 5S simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de la calidad.

Seiri (ordenado o acomodo). La primera S se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es llamado “etiquetado en rojo”. En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera innecesario para la operación, lo cual es excelente para liberar espacios de piso. También ayuda a eliminar la mentalidad de “por si acaso”.

Seiton (todo en su lugar). Es la segunda “S” y se enfoca a sistemas de guardado eficiente y efectivo. ¿Qué necesito para hacer mi trabajo?, ¿Dónde lo necesito tener?, ¿Cuántas cosas de ello necesito?.

Algunas estrategias para este proceso de “ **todo en su lugar** ” son:

Pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicación, tablas con siluetas, así como estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc. ¡No nos imaginamos como se pierde tiempo buscando una escoba que no esté en su lugar! Esa simple escoba debe tener su lugar donde todo el que la necesite, la halle. “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”.

Seiso (que brille). Una vez eliminados los estorbos y relocalizado lo que si necesitamos, viene la súper limpieza del área. Cuando se logre por primera vez, habrá que mantener una diaria limpieza. Con esto resultarán evidentes problemas que antes no se podían ver por el desorden, como problemas de fugas de aceite, aire, refrigerantes, partes con excesiva vibración o temperatura, riegos de contaminación, partes fatigadas, deformadas, rotas, desalineamiento, etc.

Seikesto (estandarizar). Al implementar las 5S, nos debemos concentrar en estandarizar las mejores prácticas en nuestra área de trabajo. Dejemos que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas.

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

Sitsuke (sostener), esta será, con mucho, la “S” mas difícil de alcanzar e implementar. La naturaleza humana es resistir el cambio y no pocas organizaciones se han encontrado dentro de un taller sucio y amontonado a solo unos meses de haber intentado la implementación de las “5S”.

Una vez implementado, el proceso de las cinco “S” eleva la moral y crea impresiones positivas en los clientes y aumenta la eficiencia de la organización.

1.2.5.4. Cuarta generación

1.2.5.4.1. Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. Un aspecto clave de la metodología MCC es reconocer que el mantenimiento asegura que un activo continúe cumpliendo su misión de forma eficiente en el contexto operacional. La definición de este concepto se refiere a cuando el valor del estándar de funcionamiento deseado sea igual, o se encuentre dentro de los límites del estándar de ejecución asociado a su capacidad inherente de diseño o a su confiabilidad inherente de diseño.

Es una filosofía de gestión del mantenimiento en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema.

Esta metodología demanda una revisión sistemática de las funciones que conforman un proceso determinado, sus entradas y salidas, las formas en que pueden dejar de cumplirse tales funciones y sus causas, las consecuencias de los fallos funcionales y las tareas de mantenimiento óptimas para cada situación (preventivo, predictivo, etc.) en función del impacto global.

1.2.5.4.2. Mantenimiento como fuente de beneficios

La evolución de las industrias, indica que para mantenerse en la competitividad, deben cumplir con algunas exigencias como calidad y productividad, de esto es gran parte responsable el mantenimiento, pues de él depende la continuidad de la producción y mantener los estándares de calidad.

Responsabilidades

- ✓ Reducir el tiempo de paros
- ✓ Reparaciones en el tiempo oportuno
- ✓ Garantizar el funcionamiento de las instalaciones de manera que los productos y servicios satisfagan criterios establecidos.

Con formato: Numeración y viñetas

1.2.5.4.3. Análisis de riesgos

Las variaciones en sí, pueden a su vez, presentarse en varias maneras, lo cual requiere que sean tratadas de formas diferentes. Los procesos por lo tanto, requieren ser controlados con diferentes criterios entre los cuales se pueden destacar:

- ✓ Eliminar o reducir el error humano
- ✓ Reducir el trabajo y sus costos, que tienden a elevar el costo de los productos y servicios
- ✓ Minimizar el consumo de energía
- ✓ Reducir el tamaño de las plantas
- ✓ Reducir almacenamientos intermedios
- ✓ Respetar los reglamentos ambientales
- ✓ Alcanzar y/o mantener los resultados deseados

Con formato: Numeración y viñetas

Con formato: Numeración y viñetas

La mayoría de las estrategias de mantenimiento tienen dos objetivos primordiales:

- ✓ Disminuir los costos de mano de obra, material y contratación
- ✓ Mejorar la confiabilidad operacional de los equipos o de la gestión de los activos (*up-time*), régimen de funcionamiento (*running-speed*) y desempeño de la calidad

La clave es limitar el problema mediante el estudio de todos los fenómenos observados.

En la mayoría de los equipos el índice de disponibilidad es mayor al de la necesidad de utilización de los equipos. En el caso de que los elevados índices de disponibilidad estén siendo obtenidos a expensas de altas inversiones de recursos y en el caso la confiabilidad operativa no sea crítica, deben ser efectuadas nuevas investigaciones sobre los criterios de mantenimiento utilizados.

Esto como resultado de una confrontación de la disponibilidad de equipos versus necesidad de disponibilidad operacional.

1.2.5.4.4. Compromiso de todos los departamentos

Cada departamento de la organización se debe comprometer con las actividades generales de la empresa para alcanzar el objetivo común. Comenzando por producción (operación + mantenimiento), extendiéndose a los de desarrollo, ventas, administración, etc. (incluyendo terceros).

La coordinación entre los subsistemas de: planificación de la producción, de la estrategia de mantenimiento, de la adquisición de repuestos, de la programación de servicios y del flujo de información, elimina conflictos de metas.

1.2.5.4.5. Mantenimiento como proceso

En el aspecto de organización de empresa se puede definir un sistema como un conjunto de procesos que interactúan y se relacionan para alcanzar objetivos definidos. A su vez los procesos son formados por un conjunto de tareas ejecutadas en forma ordenada.

Los métodos, son los medios usados para el desarrollo ordenado de las tareas de un sistema, o sea las normas, procedimientos e informaciones disponibles en la organización.

1.2.5.4.6. Análisis y diagnóstico del departamento de mantenimientos

Esta etapa se debe desarrollar con la participación de especialistas de los departamentos de: planificación, organización y métodos, análisis de sistemas y principalmente usuarios. Durante esta etapa se elige el proceso (manual o automático), a ser utilizado, de acuerdo con las metas y los plazos a ser alcanzados, la confiabilidad deseada y los costos involucrados.

1.2.5.4.7. Selección del *software* de mantenimiento

Tras el análisis y diagnóstico del departamento de mantenimiento, se inicia el proyecto del sistema, es cuando es desarrollado o seleccionado y adecuado el sistema que almacenará y procesará la información del proceso de gestión del mantenimiento.

Las exigencias actuales de disponibilidad y fiabilidad son de tal orden que imponen, a los gerentes de mantenimiento, responsabilidades que sólo pueden ser ejecutadas con herramientas adecuadas de gestión.

1.2.5.4.8. Organización que aprende

En cualquier ambiente, los cambios son constantes, y una organización que ve hacia el futuro debe mantenerse en constante evolución, aprovechando los recursos que las nuevas tecnologías ponen a disposición para mantenerse en la competencia. **Lo único constante es el cambio.**

1.2.6. Codificación de equipos

En el registro de los equipos en La Planta San Miguel, existen clasificaciones por familias, por áreas y equipos específicos.

Para la codificación de los equipos se utiliza el manual de codificación de activos para plantas de cemento de HOLDERBANK **HAC**. Y se interpreta de la siguiente manera.

Figura 4 Estructura del código de identificación HAC

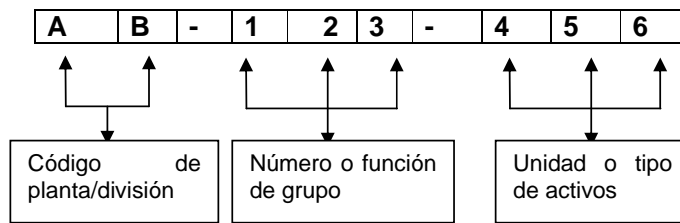


Tabla I Descripción del código HAC

	Posición		
	A	B	1
0			Todas la funciones
1	La pedrera	Cemento	Cantera
2	San Miguel	Cal	Trituración
3			Molienda de harina cruda
4			Área de fabricación de clinker
5		Planta Mack	Área de molienda de cemento
6			Área de despacho
7			Distribución
8			Ventas
9		Auxiliares	Administración central

Posiciones

1	2
---	---

 Identifica la función del grupo

Tabla II Actividad específica del grupo de equipos

10	General	11-19	Extracción de materias primas
20	General	21-29	Preparación de materias primas
30	General	30-39	Preparación de la harina cruda
40	General	41-49	Fabricación de clinker
50	General	51-59	Fabricación de cemento
60	General	61-69	Ensacado y expedición
70	General	71-79	Distribución (terminales)
80	General	81-89	Ventas
90	General	91-99	Administración central

Posición **3** identifica número de la línea de producción

1	2	3
---	---	----------

- 1** = Línea de producción número 1
- 2** = Línea de producción número 2
- 3** = Línea de producción número 3

Posiciones

4	Categoría	4 5	Tipo de activo	4 5 6	Activos similares
----------	-----------	-------------------	----------------	----------------------------	-------------------

Estos son las posiciones más importantes de la estructura de codificación.

Para mayor información consultar manual de codificación **HAC**.

1.2.7 Monitoreo de condición

El programa de monitoreo de condición, es una técnica utilizada para la gestión de mantenimiento que integra elementos de la tercera generación lo cual la hace pertenecer a ella.

1.2.7.1. Definición

Es la medición de las variables de los equipos que se consideran representativas de la condición de éstos, comparándolas con patrones establecidos se puede dar un diagnóstico de su estado. El objetivo del mantenimiento basado en la condición es detectar fallas, analizar la gravedad e indicar el tiempo máximo que puede funcionar el equipo sin que ocurran eventos catastróficos, evitando de esta manera pérdidas por paros de la producción e incrementos de gastos por mantenimiento.

Consiste en evaluar la evolución temporal de ciertos parámetros, y predecir cuando un elemento va a experimentar una condición crítica.

Es importante saber que cada una de las mediciones o inspecciones no deben alterar el funcionamiento de los procesos, estas se pueden realizar en forma periódica o continua dependiendo de las condiciones de cada planta o proceso.

Objetivos del monitoreo condición:

- ✓ Vigilancia de máquinas. indicar cuando existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y sí es mala indicar cuan mala es
- ✓ Protección de máquinas. evitar fallos catastróficos. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligros, la máquina se detiene automáticamente
- ✓ Diagnóstico de fallos. su objetivo es definir cual es el problema específico
- ✓ Pronóstico de la esperanza de vida. estimar cuanto tiempo mas podría funcionar la maquina sin riesgo de un fallo catastrófico

Con formato: Numeración y viñetas

1.2.7.2. Elementos que integran un programa de monitoreo de condición

El programa de monitoreo de condición se apoya en diferentes técnicas para lograr su objetivo.

Las técnicas que se utilizan para la recolección de información son las siguientes:

- ✓ PMR's
- ✓ Termografía infrarroja

Eliminado: s

- ✓ Inspecciones visuales
- ✓ Monitoreo de vibraciones
- ✓ Muestreo de aceites
- ✓ Mediciones de desgaste
- ✓ Mediciones en línea
- ✓ VOSO
- ✓ Mediciones de alineamiento
- ✓ Ultrasonido
- ✓ Partículas magnéticas
- ✓ Endoscopía

Eliminado: Inspecciones diarias

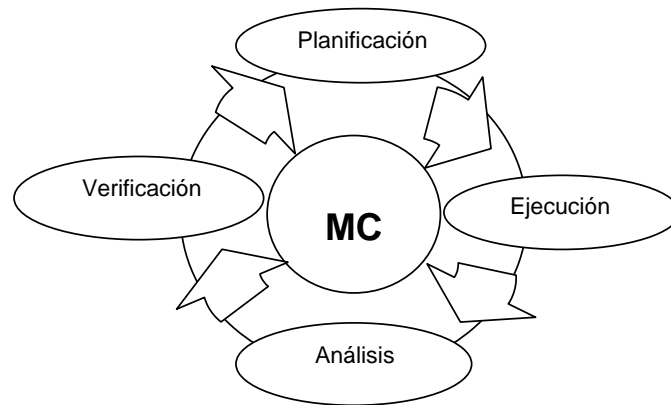
Además de las técnicas, utiliza sistemas expertos, los cuales se utilizan fundamentalmente como herramientas de diagnóstico. Se trata que el programa pueda determinar en cada momento el estado de funcionamiento de sistemas complejos, anticipándose a los posibles incidentes que pudieran acontecer. Así, usando un modelo computacional del razonamiento de un experto humano, proporciona los mismos resultados que alcanzaría dicho experto.

1.2.7.3. Como se usa efectivamente

Para cumplir con las expectativas, el mantenimiento predictivo debe cumplir las actividades necesarias, en el tiempo establecido.

Son cuatro los pasos importantes a seguir:

Figura 5 Ciclo de ejecución del monitoreo de condiciones



1. Planificación

Se debe planificar con la debida antelación las actividades a realizar, definiendo las tareas, cuándo, quién y cómo se deben hacer.

2. Ejecución

Cada una de las actividades contempladas en el programa de monitoreo de condición, se deben realizar, cumpliendo con lo establecido.

3. Análisis

Luego de recavada toda la información posible, se debe someter a un cuidadoso análisis para verificar si el funcionamiento del equipo se mantiene dentro de los parámetros aceptables o requiere intervención y hacer un reporte, para que los encargados de hacer las reparaciones respectivas las realicen.

4. Verificación

Es necesario hacer una evaluación de lo que se logró y compararlo con lo que se ha planeado, para constatar que se está cumpliendo con las expectativas.

No se debe permitir:

- ✓ Incremento de trabajos pendientes
- ✓ PMRs que no se hacen
- ✓ Mantenimiento de parches
- ✓ Mas trabajos repetitivos
- ✓ Mas fallas evitables
- ✓ Recursos absorbidos en corregir las fallas

← Con formato: Numeración y viñetas

1.2.8. Indicadores de efectividad

Los indicadores de efectividad son utilizados para evaluar la gestión de los equipos. Son de gran utilidad para la toma de decisiones y el establecimiento de metas.

Deben ser creados informes precisos y específicos del desempeño de los equipos algunos de los cuales deben ir acompañados de gráficos fáciles de interpretar, de acuerdo al nivel de gestión.

1.2.8.1. Disponibilidad

La disponibilidad de un equipo representa el tiempo disponible de un ítem al servicio de la unidad de producción, la cual se calcula en porcentaje en un tiempo determinado.

Relación entre la diferencia de número de horas del período considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento, para cada *ítem* observado y el número total de horas del período considerado

$$DISP = \frac{\Sigma(HCAL - HTMN)}{\Sigma HCAL} \times 100 \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Índice de disponibilidad también es identificado como **performance o el desempeño del equipo**, Y para *ítem* de operación eventual se puede calcular como la relación entre el tiempo total de operación eventual y la suma de este tiempo con el respectivo tiempo total de mantenimiento en el período considerado

$$DISP = \frac{\Sigma HROP}{\Sigma(HROP + HTMN)} \times 100 \quad \text{Ecuación 1.2}$$

1.2.8.2. MTBF

Tiempo Promedio Entre Fallas, relación entre el producto del número de ítem por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en cada uno de esos *ítem* en el periodo observado.

$$MTBF = \frac{NOIT \times HROP}{\Sigma NTMC} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

Este índice debe ser usado para *ítems* que son reparados después de la ocurrencia de la falla.

1.2.8.3. MTTR

Tiempo Medio Para la Reparación, relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla, y el número total de fallas detectadas en esos ítems en el período observado.

$$MTTR = \frac{\sum HTMC}{NTMC} \quad \text{Ecuación 1.4}$$

Este índice puede ser usado para *ítems* en los cuales el tiempo de reparación es significativo con respecto al tiempo de operación

1.2.9. Inspecciones visuales

Estas técnicas consisten en inspeccionar visualmente las diferentes partes de una máquina con el objeto de determinar su condición. La ventaja que ellas presentan es que el inspector obtiene una indicación inmediata y directa del estado de los componentes de la máquina, sin la necesidad de procesar los resultados. Su principal desventaja es que nominalmente están limitadas a componentes estacionarios y de directo acceso visual. La simplicidad del monitoreo visual hace que en general no se requiera un resultado numérico, es decir, no queda un registro de la condición del componente en el instante en que se inspeccionó. Si esto se requiriera, habría que usar alguna técnica de registro complementaria, tales como: fotografía, grabación en video, impresión o molde de la superficie.

Tabla III Técnicas de inspección visual

Principales técnicas de inspección visual	
Objetivos	Técnicas a usar
Iluminar partes internas oscuras	Sonda de luz
Mejor acceso a zonas nominalmente inaccesibles	Boroscopio
Obtener muestra en zonas normalmente inaccesibles	Endoscopio
Realizar un agrandamiento	Lupas, boroscopios, televisión
Congelar el movimiento de componentes rotativos	Estroboscopio
Resaltar las existencias de pequeñas grietas superficiales	Tintas penetrantes
Extender el rango visual mas allá del rango humano	Termografía infrarroja, Examen por rayos X o gamma
Visualizar temperaturas superficiales	Pinturas, termografías

1.2.10. Evaluación de equipos

1.2.10.1. Clasificación de equipos según su criticidad

Una planta de cemento comprende muchos tipos diferentes de maquinaria, pero ¿cuáles son los más importantes para el proceso y que por ende requieren mayor atención? Para poder priorizar y enfocar las actividades de Mantenimiento, se debe asignar un nivel de criticidad a cada equipo de la planta. Para este efecto, se ha desarrollado una definición bajo el estándar MAC-SAP.

Criticidad A

- Es todo aquel equipo que como resultado de una falla, provoca el paro inmediato del equipo principal de la línea de producción.

Criticidad B

- Es todo aquel equipo que como resultado de una falla, provoca el paro de la línea de producción en las veinticuatro horas siguientes.

- Equipo que como resultado de una falla, provoca la reducción de la producción, inmediatamente o dentro las veinticuatro horas siguientes.

Criticidad C

- Equipo que cuando falla no afecta la producción dentro las 24 horas siguientes.

Criticidad Q

- Equipo que como resultado de una falla, afecta la calidad del producto.

Dependiendo de la criticidad del equipo, así será la atención que se le preste para el control de su conducta.

1.2.10.2. Definición de falla

Eliminado: ¶
<#>PASOS DEL ESTUD¶

Es el cese de la capacidad de una entidad para realizar su función específica.

El término entidad equivale a equipo, conjunto, sistema, máquina o *ítem*.

En un equipo pueden fallar la **funciones principales**: Que son aquellas para las que fue diseñado el equipo. O bien las **funciones Secundarias** Que son las que cumplen funciones de apoyo a las principales. **Funciones Terciarias** son las que cumplen aspectos de estética.

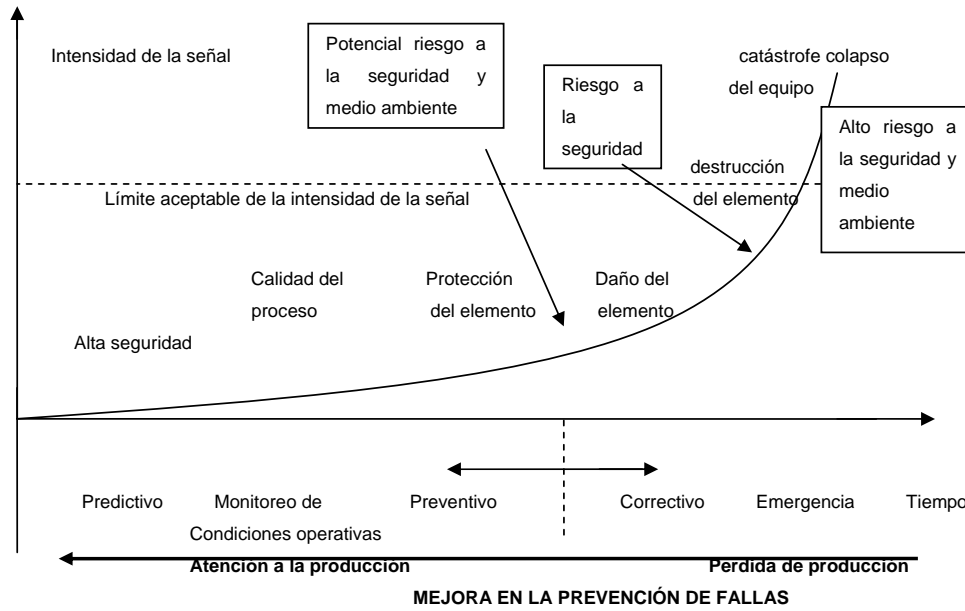
1.2.10.3. Clasificación de fallas

Respecto de la función afectada las fallas pueden ser: **falla crítica o mayor**, la que afecta las funciones principales del elemento. **Falla parcial**, la que afecta algunas de las funciones pero no a todas. **Falla reducida**, la que afecta al elemento sin que pierda su función principal y secundaria.

Respecto al tiempo de permanencia las fallas pueden ser: **Falla crónica**, afecta al elemento en forma sistemática o permanece por largo tiempo. Puede ser crítica, parcial o reducida. **Falla esporádica**, afecta al elemento en forma aleatoria y puede ser crítica o parcial. **Falla transitoria**, afecta durante un tiempo limitado al elemento.

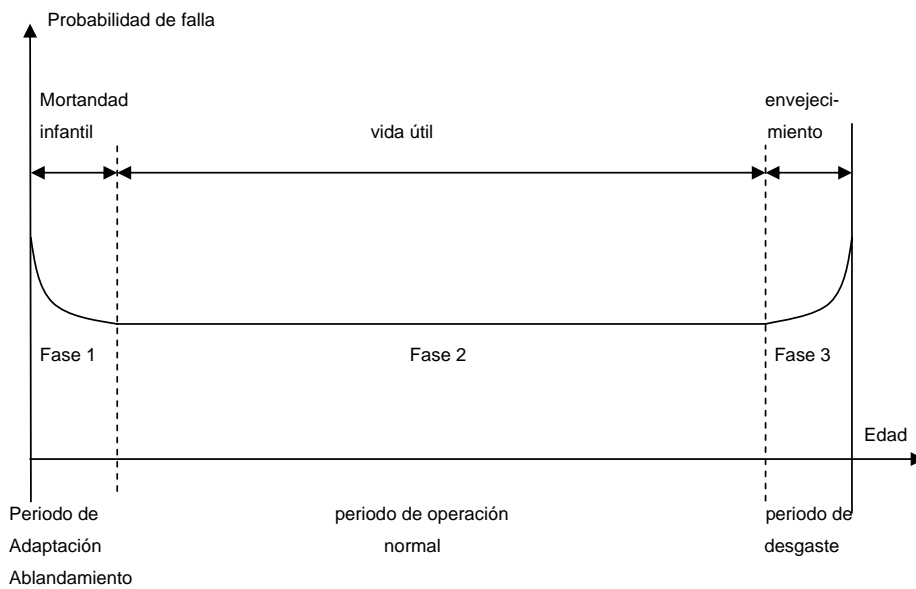
Con estos criterios podemos observar, hacer las mediciones necesarias, evaluar la información y poder determinar la condición de estado de un equipo.

Figura 6 Desarrollo de fallas



Esta es la curva que describe el comportamiento general de las fallas en el tiempo. Si observamos este comportamiento podemos tomar las decisiones necesarias para mantener el equipos en una condición deseada.

Figura 7 Curva características de falla



Esta curva muestra la denominada “curva de la bañera” donde existe un elevado número de fallas al principio de la operación del equipo denominado “Mortandad infantil” luego sigue un período con probabilidad de falla constante para luego incrementarse debido al desgaste de los elementos.

Esta curva la podemos utilizar como criterio para la ejecución de una acción o intervención de mantenimiento cuando un equipo debido a la vejes se comporta de tal manera que afecta la producción debido a una baja disponibilidad.

Sin embargo una investigación revela que los equipos se comportan de tal manera que la forma de falla no obedece únicamente a la curva de la bañera.

Stanley Nowlan y Howard Heap, encabezaron un proyecto de investigación, el cual reveló que existen seis modos de fallos los cuales se pueden apreciar en la figura 8. Únicamente un 11% de las fallas están relacionadas con la edad. El 89% restante no tienen relación con la edad del equipo.

Fuente: V. Narayan. Effective Maintenance Management Pág.28.

La curva “**A**”, muestra la denominada curva de la bañera (Fig. 8a), donde existe un elevado número de fallas a inicio de la operación del equipo, denominada Mortandad Infantil, luego sigue un periodo con probabilidad de falla constante para luego incrementarse debido al desgaste de los elementos. Características: Alta mortalidad infantil y alta probabilidad de falla al final de su vida útil. Ejemplos: Motores alternativos, vehículos.

La curva “**B**” (Fig. 8b) representa las características de falla de elementos con probabilidad de falla constante o de pequeño incremento desde el inicio de su vida útil, incrementándose sus fallas en la zona de desgaste. Características: Acentuada en la zona de desgaste. Ejemplos: Lámparas, tubos de rayos catódicos.

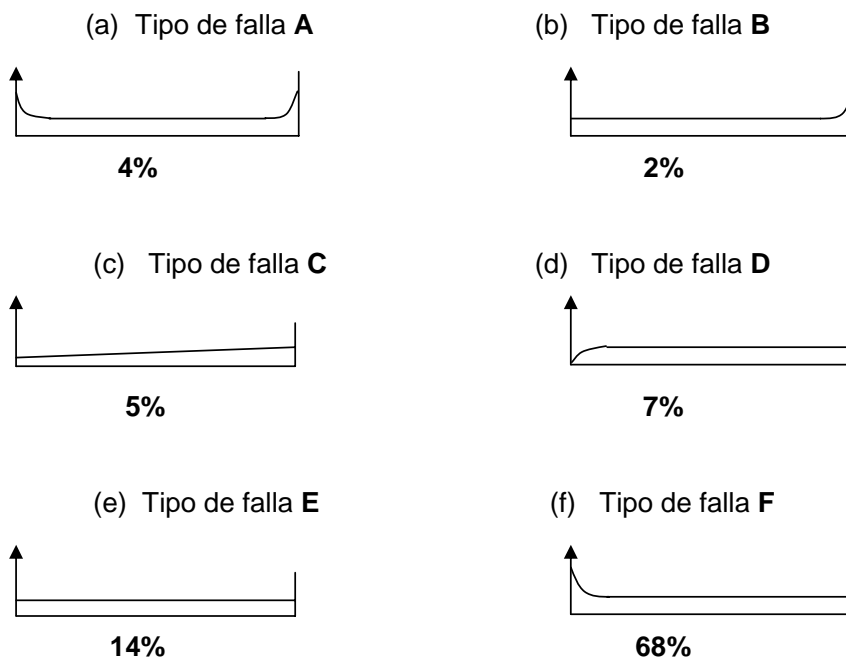
La curva tipo “**C**” (Fig. 8c) es la correspondiente a elementos en los cuales su probabilidad de falla se incrementa en forma leve y constante desde el comienzo, sin registrar una zona de desgaste, por lo tanto su vida útil no está claramente definida. Características: Aumento gradual de la probabilidad de falla en concordancia con el desgaste.

Ejemplos: Equipos complejos con gran variedad de tecnologías.

La curva tipo “D” (Fig. 8d), es representativa de elementos cuya probabilidad de falla inicial es muy baja o prácticamente nula, siguiendo una zona de probabilidad constante sin registrar una zona de desgaste
 Características: Probabilidad de falla inicial baja y luego constante. Ejemplos: Infraestructuras, edificios, puentes.

La curva “E” (Fig. 8e), corresponde a elementos con una probabilidad de falla constante durante toda su vida, esta es una característica de falla totalmente aleatoria. Características: Probabilidad de falla aleatoria en toda su vida. Ejemplos: Equipos simples estáticos, conductos, conductores eléctricos.

Figura 8 Tipos de curvas de falla



La curva “F” (Fig. 8f) es característica de elementos con registro de mortandad infantil para luego mantenerse una probabilidad de falla constante, en algunos casos puede mostrar un incremento suave de probabilidad de falla. Características: Elevada mortandad infantil y luego probabilidad de falla constante. Ejemplos: Equipos electrónicos.

1.2.10.4. Análisis causa raíz

La causa raíz es la razón básica para una condición o un problema indeseables que si se elimina o corrige, se habría impedido que existiera u ocurriera.

Se debe tener cuidado en diferenciar claramente los síntomas de las causas, así como las causas aparentes de la causa raíz.

La razón para recolectar e investigar las causas que provocan una situación indeseable es disponer de la información necesaria que nos puede ser de utilidad para evitar un suceso igual o similar que se contraponen a nuestros objetivos.

El proceso de análisis de causa raíz consta de cinco fases:

I. Recolección de la información. Es importante iniciar la recolección de información inmediatamente después del identificado el suceso, para asegurar que no se pierda ningún elemento de importancia. La información debe contener cada detalle en lo posible del evento antes, durante y después del suceso. Debe tomarse en cuenta datos del personal involucrado (incluyendo acciones tomadas), factores ambientales, y cualquier información que tenga la importancia del caso.

II. Análisis de la información. Cualquier método de análisis de causa raíz puede ser utilizado y seguir los pasos que se numeran a continuación.

1. Identificación del problema
2. Determinar la importancia del problema
3. Identificar las causas inmediatamente y delimitar el problema.
4. Identificar las razones fundamentales que si se habrían corregido se habría evitado el problema.

III. Acciones correctivas. En esta fase se deben determinar las acciones correctivas que sean efectivas para eliminar la probabilidad de que el suceso se pueda repetir, o desde el punto de vista proactivo que se pueda evitar.

IV. Informe. Se deben incluir los resultados del análisis, acciones correctivas, personal involucrado y cualquier información de importancia.

V. Verificación. Esta fase es exactamente hacer una evaluación sobre si las acciones tomadas han sido efectivas para la solución del problema.

1.2.10.5. Definir prioridades

Existen tres criterios que permiten definir la prioridad de las averías:

- Ocurrencia (O)
 - Frecuencia de la falla
- Severidad (S)
 - Grado de impacto de la falla
- Detección (D)
 - Facilidad para su detección.

Tabla IV Probabilidad de ocurrencia de las fallas

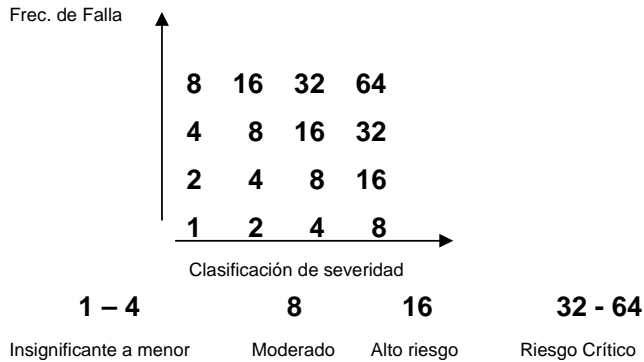
Clasificación de frecuencia	Descripción de la frecuencia
1	No se espera que ocurra durante la vida útil de la instalación
2	Se espera que ocurra al menos una vez cada uno a cinco años
4	Se espera que ocurra al menos una vez cada un mes a un año
8	Se espera que ocurra al menos una vez al mes

Estos valores son solamente orientativos.

Tabla V Clasificación de la severidad de fallas

Clasificación	Medio ambiente	Perdida de producción	Daños a equipos o instalaciones
1	Daño potencial medio	Menos de una hora	Menos de USD 1000.00
2	Sin problema legal o mediático	Entre 1 y 8 horas	De USD 1000.00 a USD 5000.00
4	Con problema legal o mediático	Entre 8 a 24 horas	De USD 5000.00 a USD 50,000.00
8	Problema mediático nacional e internacional	Mas de un día	Mas de USD 50,000.00

Figura 9 Matriz de categorización de las fallas



Reducción de fallas

- ✓ Iniciar el uso de código de fallas
- ✓ Registrar MTBF y MTTR
- ✓ Análisis de fallas por el programador
- ✓ Análisis de fallas por el supervisor
- ✓ Aplicar criterio de riesgo

Con formato: Numeración y viñetas

Con formato: Numeración y viñetas

1.2.10.6. Perfil de riesgo

Eliminado: ¶

Valuar la probabilidad de repetición de falla de un equipo implica la utilización de una matriz de perfil de riesgo, en donde podemos graficar el nivel de criticidad de la condición y probabilidad de falla.

Utilizando los indicadores de disponibilidad y MTBF, podemos determinar la probabilidad de falla.

Tabla VI Criterios para el perfil de riesgo

Rango de análisis		
MTBF	Menor de 65 hrs.	Análisis directo
	Entre 65-95 hrs. 3 semanas consecutivas	Implica análisis
	Mayor de 95 hrs.	Ninguna acción
Disponibilidad	0-50%	Catastrófica
	50-85%	Critica
	85-87%	Marginal
	87-89%	Buena
	89-100%	Muy buena

Figura 10 Matriz de perfil de riesgo

HAC:	21-323-ED5	Unidad de proceso:		HARINA CRUDA		
Equipo:	VALVULA ROTATIVA	FECHA:		11.07.03		
DISPONIBILIDAD	A	CATASTRÓFICA 50-0%	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">30</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">29</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">27</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">28</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">31</div> </div>			
	B	CRÍTICA 85-50%				
	C	MARGINAL 87-85%				
	D	BUENA 89-87%				
	E	MUY BUENA 100-89%				
	MTBF	IV BUENO	III MARGINAL	II CRITICO	I CATASTROFICO	
CONSECUENCIA	S	Seguridad				
	M	Medio Ambiente				
	O	Operacional	168-95 HRS	95-80 HRS	80-65 HRS	65-0 HRS
	E	Equipo (daño)				

Eliminado: ¶

1.2.11. VOSO

Son técnicas basadas en los sentidos humanos para la detección de fallas en los equipos se realizan con el equipo en marcha, se tiene una apreciación inmediata de la condición de los equipos. Cuando se necesita dejar constancia de una condición específica, se requiere el uso de cámaras fotográficas, moldes, videos, etc.

1.2.11.1. Ver

Es simplemente la utilización de la vista para la detección de fugas, humo o cambios de color de superficies por recalentamiento y toda aquella anomalía que puede ser observada a simple vista.

1.2.11.2. Oír

Eliminado: ¶

El análisis del ruido (ondas sonoras en el rango audible) de una máquina, como técnica de monitoreo de su condición mecánica, es menos usada que el análisis de vibraciones debido a la interferencia entre el ruido directo de otras máquinas cercanas. Su principal aplicación es en el monitoreo de máquinas muy pequeñas donde no se podría ubicar un sensor de vibraciones, o donde la masa agregada por el sensor de vibraciones alteraría la dinámica propia de la máquina.

1.2.11.3. Sentir

Utilización del tacto para detectar vibraciones o temperaturas anormales.

1.2.11.4. Oler

Uso del olfato, para detectar fugas y recalentamiento etc.

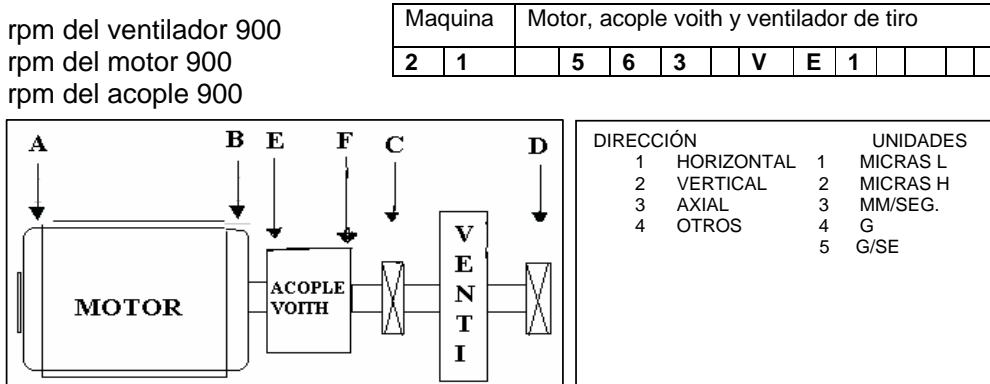
1.2.12. Monitoreo de vibraciones

Estas técnicas se basan en que las fallas que se generan en una máquina o estructura provocan un cambio en su comportamiento dinámico.

Las fallas generalmente en los elementos rotatorios de una máquina generan fuerzas dinámicas que la hacen vibrar en una forma tal que es indicativa de la falla que la genera. Por ejemplo, una picadura en una pista de rodadura de un rodamiento, generará una fuerza dinámica (o de impacto) cada vez que un elemento rodante pase por el defecto. Esto hará vibrar la máquina con componentes a frecuencias múltiples de la frecuencia con que pasan los elementos rodantes por el defecto, lo que es característico de la falla.

Las fallas generadas en equipos estáticos que alteran localmente la rigidez y/o masa de la estructura, cambian sus frecuencias naturales y modos de vibrar. El monitoreo de estas magnitudes es usado para detectar en forma rápida, por ejemplo, grados de corrosión en chimeneas industriales, fisuras en estructuras y fundiciones de máquinas o grados de desgaste del recubrimiento en molinos y estanques.

Figura 11 Puntos de toma de vibraciones (ejemplo)



1.2.13. Muestreo de aceites

Todos los años millones de litros de lubricante son cambiados prematuramente en los equipos, resultado de los programas de lubricación, y que todavía están en buenas condiciones de servicio.

Con la necesidad de maximizar la vida de los lubricantes a su máximo potencial, pero al mismo tiempo ser conocedor de los peligros de la extensión de los períodos de cambio, contaminación externa, y prácticas de mantenimiento deficiente, el análisis de aceites podría ser la piedra angular de un programa de mantenimiento eficiente y efectivo.

- ✓ El primer paso en la selección de un programa de análisis de aceite es seleccionar el sistema a ser monitoreado
- ✓ Establecer las frecuencias de toma de muestras (tomando en consideración equipos y edad del aceite – ambas son metas movibles, reajuste a los requerimientos)
- ✓ Determinar los parámetros del estado aceptable de las muestras
- ✓ Determinar los lineamientos de limpieza de una muestra de aceite
- ✓ Asegurar métodos y técnicas apropiadas para tomar las muestras
- ✓ Asegurar una correcta evaluación y documentación de los resultados del muestreo (historia y tendencias gráficas, son parte esencial del proceso de evaluación)

Con formato: Numeración y viñetas

Con formato: Numeración y viñetas

1.2.13.1. Procedimientos y frecuencias de la toma de muestras

Es muy importante que las muestras de aceite para el análisis sean representativas, tome en cuenta el siguiente procedimiento:

- ✓ Muestreo normal en equipos críticos, cada seis meses, si se observa un problema tomar muestras mas frecuentes
- ✓ Las muestras son recomendadas solo en depósitos mayores a 100 litros (25 galones) o debido a la criticidad del equipo. Esto depende de un estudio económico entre cambiar el fluido lubricante y los costos asociados con el análisis del aceite
- ✓ Usar botes aprobados por el laboratorio 100% limpios
- ✓ Preferiblemente tomar las muestras cuando el equipo este en operación
- ✓ Tomar las muestras de un punto fijo, cuando el aceite esté en movimiento o fluyendo
- ✓ Si las muestra son tomadas de una válvula, sacar por la válvula una cantidad suficiente (normalmente menos de 500 ml)
- ✓ Estrictamente evitar alguna contaminación de los alrededores que pueda entrar en la muestra
- ✓ Sellar el bote después que la muestra se ha tomado
- ✓ Etiquetar el bote con los siguientes datos:
 - Nombre de la compañía
 - Número de referencia de la muestra
 - Fecha y hora de la muestra
 - Referencia del sistema e.g. HAC
 - Tipo de fluido, ISO VG y proveedor
 - Lugar de la muestra
 - Tiempo de servicio del aceite
- ✓ A menudo las muestra son analizadas por el proveedor, algunas veces es bueno cambiar a un laboratorio independiente
- ✓ Como el análisis es una evaluación de un producto bastante costoso, es recomendable preguntar al proveedor por la fecha de análisis para un nuevo aceite, así como los límites condenatorios

Con formato: Numeración y viñetas

Con formato: Numeración y viñetas

- ✓ Para mayores detalles respecto de la extracción de muestras fluidos, de líneas y sistemas de operación ver la norma ISO 4021

Eliminado: ¶
¶

1.2.13.2. Parámetros a medir para un análisis de aceites

Cajas de engranes

- IR – Espectro Infrarrojo
- Apariencia / color
- Viscosidad - cSt
- TAN – Número Total de Acidez
- Contenido de agua
- Desgaste por partículas (tamaño %)
- Análisis del contenido de metales (ppm y tamaño) – opcional

Aceite hidráulico

- IR – Espectro infrarrojo
- Apariencia / color
- Viscosidad cSt
- TAN – número total de acidez
- Contenido de agua
- Desgaste por partículas (tamaño %)
- Espumas
- Análisis del contenido de metales (ppm y tamaño) – opcional
- Contenido de partículas – ISO 4406 (opcional)

Daños frecuentes debidos a contaminación:

Diferentes tipos de contaminación afectan el aceite en diferentes maneras, pero una cosa es segura, todos ellos acortan en tiempo de vida del equipo y del aceite.

Tabla VII Tipos de contaminación

Eliminado: ¶

Tipo de contaminación	Resultados
Polvo (Si, Ca, etc.)	Incrementa el desgaste – reducción del tiempo de vida del equipo
Partículas metálicas	Desgaste (pequeñas picaduras) – incrementa el desgaste
Agua	Reducción de la lubricidad, tiempo de vida del aceite y corrosión
Hollín	Depósitos, que obstruyen filtros y pasos de aceite
Dilución	Reducción de la lubricidad
Oxidación	Lacas en pistones y émbolo
Acidez	corrosión y óxido

Tabla VIII Desgaste de metales y limites de precaución

Elemento	Límite de precaución	Comentarios
Hierro (FE)	> 100 ppm	Indicación de desgaste de ejes, válvulas, revestimiento de cilindros, cojinetes.
Cromo (Cr)	> 5 ppm	Indicación de desgaste en los anillos de pistón, cojinetes o contaminación de anticongelante.
Cobre (Cu)	> 20 ppm	Desgaste de cojinetes y bushings
Estaño (Sn)	> 10 ppm	Desgaste de cojinetes y bushings
Aluminio (Al)	> 20 ppm (> 80 ppm)	Desgaste en pistones o block
Plomo (Pb)	> 20 ppm	Desgaste de cojinetes. Cuando se usa gasolina con plomo, los resultados no tienen razón.
Boro (B)	> 20 ppm	Indica líquido anticongelante. Algunos aceites de motores contienen boro como dispersante de aditivos.
Silicón	> 20 ppm	Indica presencia de polvo o arenas. Puede también ser debido a altos niveles de silicones anti-espumantes
Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Bario (Ba), Sodio (Na), Fósforo (P), Zinc (Zn)		Estos elementos pueden ser parte de un paquete de aditivos. Ellos quedan en el aceite y no se vacían.

Tabla IX Pruebas, límites de precaución y condenatorios

Prueba	Precaución	Crítico	Comentarios
IR análisis infrarrojo			Lineamientos de tendencia química y proceso de degradación, mejor ser comparado a nuevo aceite
Prueba de viscosidad cSt 40 °C (mm ² /s) DIN 51562 o ASTM D445	±10%	±15%	Cambio contra la nueva viscosidad de aceite. Aumentará cuando envejezca
TAN Numero Total de Acidez (mg KOH/g) DIN 51588 o ASTM D974		1.0 incremento del nuevo aceite	No. De Ácido es proporcional al grado de degradación. Importante mostrar tendencia.
Desgaste por partículas (peso %) DIN 51592		>0.08%	Nota: El aceite de recambio no está limpio y mejor filtrarlo para el rellenado.
Agua (peso%) DIN 51582 o ASTM D1744, D95	>0.05%	0.1% Aceite hidráulico 1.0% Aceite de engranes	Mas exacto es Karl Fischer (ppm) o prueba de destilación. El agua excesiva es el segundo contaminante mas destructivo
Punto de combustión °C DIN 51794 o ASTM D92	±15%	±20%	podría estar debajo de 160 °C
Densidad 15 °C (g/cm ³) DIN51757		< 2%	
Espumas (ml) DIN 51566 o ASTM D892	No espumas	No espumas	Principalmente usado para aceites hidráulicos
Arrastre de aire (min. Con 50 °C) DIN 51381	< 5 min.	< 8 min.	Principalmente usado para cajas y sistemas hidráulicos.
Demulsibilidad ASTM 1401	< 30 min. Separación completa	< 45 min.	Tiempo de prueba especificada prueba para agua-aceite, frenar emulsión
Corrosión DIN 51355, DIN51585, ASTM D 130		fallado	Ningún corrosivo, esto no debe ser confundido con óxido inhibidor
Punto de fluidez			Punto de fluidez a 3°C sobre la temperatura a que el producto normalmente mantiene la fluidez
Contenido de cenizas ASTM D582, ASTM D874			Desde unos detergentes que son sales metálicas o componentes, el porcentaje de cenizas están consideradas tener una relación detergente
RBOT (Prueba de oxidación de la bomba rotatoria ASTM D2272	<50%	<25%	Cámbielo por nuevo aceite. Principalmente designado para aceites de turbinas.
Dilución		3%	
Prueba FZG DIN 51345		<12%	Principalmente aceites CLP, HLP, HK. Prueba especial DIN 51354 A.276/50, para condiciones extremas de carga

Eliminado: ¶
¶
¶
¶
¶
¶
¶
¶
PRUEBAS, LIMITES DE PRECAUCIÓN Y CONDENATORIOS¶
¶

Eliminado: ¶
¶

Tabla X Inspección visual de agua en el aceite

Cantidad de agua en el aceite en ppm.	Apariencia
0	Brillante y limpio
100	Rastro de niebla translúcida
200	Cantidad insignificante de niebla translúcida
250	Niebla translúcida
500	Niebla opaca
1000	Niebla opaca con pequeñas gotas de agua

1ppm=1 ml por 1000 litros ó 1000 ppm = 0.1%

Una investigación en 2000 cojinetes dañados demostró, que la causa mas frecuente fue suciedad.

Tabla XI Causas de daños

Porcentaje	Causa del daño
45%	Suciedad en cojinetes
15%	Desalineación en cojinetes
10%	Defectos de ensamblaje de cojinetes
10%	Sobrecargas
10%	Carencia de lubricante
5%	Óxido y corrosión
5%	Otras razones Incluyendo, mala lubricación

1.2.13.3. Causas de desgaste

Desgaste causado por erosión, cuando las partículas chocan en la superficie del metal a gran velocidad. Los impulsos hacen que se pierdan partículas de la superficie. Este fenómeno se presenta mas cuando el flujo es turbulento en el aceite.

- ✓ Sobre carga local (fatiga por tensiones) de las superficies
- ✓ Las partículas se introducen en pequeñas grietas o justo debajo de la superficie del aceite

Eliminado: 1
INSPECCIÓN VISUAL DE AGUA EN EL
ACEITE

Con formato: Numeración y viñetas

- ✓ Las grietas podrían incrementarse en tamaño, y finalmente el aceite quedaría prensado en la grieta creando pequeñas picaduras

1.2.13.4. Polución mecánica

Las partículas de polvo y metal (polución mecánica, contaminación de partículas) es provocado por tres causas.

- De fabricación o instalación
- Desgaste de condiciones de operación e. g. Mantenimiento deficiente
- Polución de servicio, cuando un sistema de lubricación está abierto (por reparaciones, inspecciones, servicios de lubricación, etc.).

1.2.14 Medición de desgaste

Para conocer la resistencia mecánica de un elemento se realizan pruebas de desgaste de espesores y así poder determinar la variación sobre el diseño original y realizar las correcciones pertinentes.

En la planta San Miguel se realizan dos tipos de mediciones de desgaste:

1.2.14.1. Desgaste de espesores

Para la medición de espesores en las corazas de diferentes equipos se utilizan técnicas de ultrasonido, estas técnicas se describen en el numeral **1.2.19** de este capítulo. Además se utilizan técnicas de medición de espesor de corazas por medio de escantillón.

1.2.14.2. Desgaste de superficies

La causa mas frecuente de la generación del desgaste en piezas de máquinas es la fricción, para minimizar el desgaste se utilizan lubricantes y por medio del análisis en estos líquidos lubricantes se puede saber si existe desgaste en las piezas en contacto, la técnica para este análisis se describe en numeral **1.2.13** de este capítulo.

1.2.15 Termografía

Las pruebas no destructivas del infrarrojo comprenden la detección de la energía electromagnética infrarroja emitida por un objeto de prueba. Toda la materia produce en forma natural radiación infrarroja, a todas las temperaturas arriba del cero absoluto. Los materiales emiten radiación con intensidades variables, que dependen de su temperatura y características superficiales. Un sistema pasivo del infrarrojo detecta la radiación natural de un objeto no calentado, mientras que un sistema activo emplea una fuente para calentar el objeto el cual luego irradia energía infrarroja hacia un detector, La indicación sensible de la temperatura o distribución de temperaturas por medio de la detección infrarroja es útil en la localización de irregularidades en los materiales, en el procesamiento o en el funcionamiento de las piezas. La emisión dentro de los límites del infrarrojo de 0.8 a 15 μm se colecta en forma óptica, se filtra, se detecta y se amplifica por un instrumento de prueba, que se diseña en relación con las características del material del detector de prueba. Pueden indicarse variaciones en la temperatura del orden de 0.01°F por medidores o gráficos. La teoría y la instrumentación del infrarrojo se basa en la radiación de un cuerpo negro; por lo tanto debe hacerse una corrección de emisividad, eléctricamente en el instrumento de prueba o aritméticamente con base en las lecturas del instrumento.

La termografía infrarroja desde el punto de vista del mantenimiento tiene uso en sistemas eléctricos y mecánicos.

Beneficios por el uso de termografía infrarroja en el mantenimiento preventivo:

- ✓ Localizar problemas potenciales y evitar gastos de reparaciones
- ✓ Alargamiento de la vida de los equipos
- ✓ Identificación plena de problemas y status de los mismos
- ✓ Disminución de costos de reparación urgentes
- ✓ Programación de prioridades de mantenimiento
- ✓ Reducción de tiempos en paros programados
- ✓ Maximizar eficiencia en programas de mantenimiento preventivo
- ✓ Verificación de las reparaciones realizadas
- ✓ Minimización de perdidas en producción por paros no programados
- ✓ Ahorro de personal por tiempo perdido
- ✓ Costos de la compostura del equipo fallado

Con formato: Numeración y viñetas

1.2.16. Monitoreo en línea

Esta técnica consiste en mediciones de carácter periódico o constante, que se realiza por medio de instrumentos de medición instalados en equipos críticos que merecen especial atención en el comportamiento de los diferentes parámetros de operación. Estas señales son enviadas al control central donde son analizadas.

Estas mediciones pueden ser:

- ✓ Análisis químico
- ✓ Mediciones eléctricas (Resistencia)

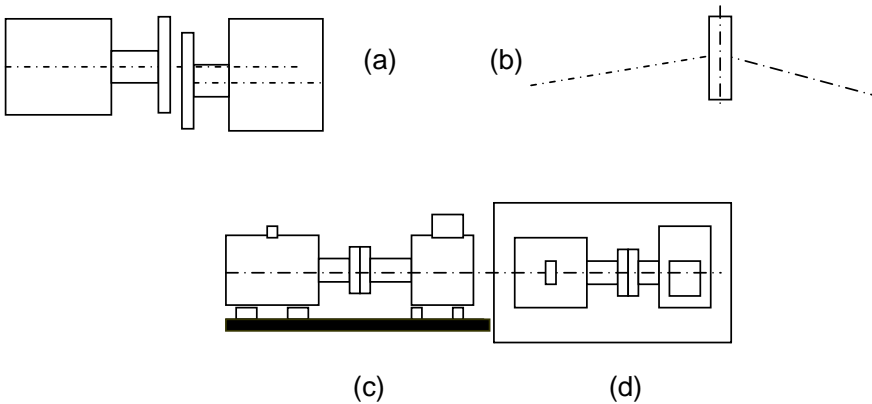
Con formato: Numeración y viñetas

- ✓ Partículas (ferrografías)
- ✓ Temperaturas (termografía, fibra óptica, infrarrojos)
- ✓ Dinámica (Torques, vibraciones, acústicos)

1.2.17. Alineamientos

Es la condición en la que un eje conductor y un eje conducido se encuentran en los mismos planos horizontal y vertical. O bien la línea central de cada eje se encuentran en condición de alineamiento paralelo o angular.

Figura 12. Tipos de desalineación: (a) desalineamiento paralelo
 (b) desalineamiento angular (c) Alineamiento plano vertical
 (d) Alineamiento plano horizontal.



Los principales problemas que presenta el desalineamiento es desgaste en cojinetes, vibraciones, aumento de cargas.

1.2.18. Temperatura

Temperatura es una propiedad física de un sistema que gobierna la transferencia de energía térmica, o calor, entre ese sistema y otros. Es una medida de la energía cinética de las partículas que componen el sistema. Las bases de las escalas comunes de temperatura (Fahrenheit y Celsius) son los puntos de congelación y ebullición del agua.

La temperatura se mide de varias maneras:

- ✓ Por la expansión térmica de un gas (termómetro de gas)
- ✓ Por la dilatación térmica de un líquido o un sólido (termómetro de mercurio, elemento bimetálico)
- ✓ Por la presión o tensión de vapor de un líquido (termómetro de bulbo de vapor)
- ✓ Por el potencial termoeléctrico (termopar)
- ✓ Por la variación de la resistencia eléctrica (termómetro de resistencia, termistor)
- ✓ Por la variación de la radiación (pirómetro de radiación ópticos)
- ✓ Cambio de estado físico o químico (Conos de Seger, etiquetas de Tempil)

Con formato: Numeración y viñetas

La temperatura afecta las propiedades físicas y mecánicas de los materiales por tal razón es importante prestar la debida atención a sus variaciones. Una elevación excesiva de la temperatura puede causar daños considerables a un equipo.

Eliminado: ¶
¶

1.2.19. Ultrasonido

Los métodos de pruebas no destructivas ultrasónicas emplean energía vibratoria mecánica de alta frecuencia para detectar y localizar discontinuidades o diferencias estructurales y para medir el espesor de diversos materiales. Un pulso eléctrico se genera en un instrumento de prueba y se transmite a un transductor, que convierte el pulso eléctrico en vibraciones mecánicas. Estas vibraciones de bajo nivel de energía se transmiten a través de un líquido de acoplamiento hacia el objeto que se prueba, en donde la energía ultrasónica se atenúa, se dispersa, se refleja o resuena, para indicar condiciones existentes dentro del material. La energía sonora reflejada, transmitida o resonante se convierte en energía eléctrica mediante un transductor y se retorna al instrumento de prueba, en donde se amplifica. Entonces la energía recibida se exhibe comúnmente en un tubo de rayos catódicos. La presencia, posición y amplitud de los ecos indican condiciones del material que se prueba.

Los materiales capaces de ser probados por energía ultrasónica son aquellos que transmiten energía de vibración. Los materiales se prueban en dimensiones hasta de 30 pies (9.14 m). Pueden probarse plásticos no celulares, cerámica, vidrio, concreto nuevo, materiales orgánicos y caucho. Cada material tiene una velocidad característica del sonido que es una función de su densidad y módulo (elástico o de corte).

Las características de materiales determinables a través de la ultrasónica comprenden discontinuidades estructurales, como defectos y faltas de liga, constantes físicas y diferencias metalúrgicas, y espesor (medido desde un lado). Una aplicación común de la ultrasónica es la inspección de soldaduras respecto de inclusiones, porosidad y falta de penetración y de fusión. Otras aplicaciones incluyen la localización de faltas de liga en los elementos de combustibles nucleares, localización de grietas por fatiga en maquinaria y aplicaciones médicas. La prueba automática se realiza con frecuencia en aplicaciones de fabricación.

Los sistemas ultrasónicos se clasifican como de pulso-eco, en el que se usa; un solo transductor, o de transmisión pasante donde se usan transductores separados de transmisión y de recepción. En cualquiera de los dos sistemas, la energía ultrasónica debe transmitirse hacia dentro del objeto prueba y recibirse de él a través de un medio de acoplamiento, ya que el aire no transmitirá el ultrasonido de estas frecuencias. Se emplean por lo regular como acopladores agua, aceite, grasa y glicerina.

Los modos de vibración ondulatorio que no sean longitudinales son efectivos para detectar defectos que no presentan una superficie reflectora para el haz ultrasónico u otras características no detectables por el modo longitudinal, se insertan cuñas de plástico, agua y otro material, entre la cara del transductor y el objeto de prueba para la conversión, por refracción, a modos de vibración de corte, transversales, superficiales o de Lamb.

Las condiciones limitadoras de la prueba ultrasónica pueden ser, la forma del objeto que se prueba, la aspereza de la superficie, el tamaño del grano, la estructura del material, la orientación de los defectos, la selectividad de las discontinuidades o la habilidad del operador.

El análisis del sonido ultrasónico (es decir, sobre los 20,000 hz) fue usado en sus inicios para detectar fugas de aire, vacío y gas. Hoy día se usa además, en identificar fallas en trampas de vapor, asiento de válvulas, fugas en empaquetaduras, mal funcionamiento de interruptores eléctricos, ruido en engranajes y para detectar rozamientos. El análisis de ondas de esfuerzos a frecuencias muy altas (de 0.03 a 0.8 Mhz) es cada día más usado para detectar en forma incipiente problemas en rodamientos y engranajes en general. Ejemplo de ello son el análisis de impulsos de choque SPM (*Shock Pulse Meter*), el análisis de ondas de esfuerzos SWAN (*Stress Wave Analyzer*) y el análisis de emisiones acústicas.

1.2.20. Partículas magnéticas

Las pruebas de partículas magnéticas son un método no destructivo para detectar discontinuidad en la superficie, o cerca de ésta, en los materiales ferromagnéticos. El objeto que se prueba se magnetiza apropiadamente, y entonces se aplican a su superficie partículas magnéticas finamente divididas. Cuando el objeto se encuentra orientado en forma adecuada hacia el campo magnético inducido, una discontinuidad crea un campo de dispersión que atrae y sostiene las partículas, lo cual forma una indicación visible. La dirección y carácter del campo magnético dependen de la manera como se aplique la fuerza magnetizadora y del tipo de corriente usada. Para obtener la mejor sensibilidad, la corriente magnetizadora debe fluir en una dirección paralela a la dirección principal del defecto esperado. Los campos circulares, producidos por el paso de la corriente a través del objeto están contenidos, casi por completo, dentro del objeto que se prueba. Los campos longitudinales, producidos por bobinas o yugos, crean polos externos y un campo general de dispersión. Puede usarse corriente alterna, corriente continua, o continua de media onda, para localizar los defectos superficiales.

Eliminado: ¶

¶

¶

1.3 Evaluación de la situación actual y definición de los requerimientos para el programa de monitoreo de condición

1.3.1. Evaluación de la situación actual

1.3.1.1. Cultura

Eliminado: ALES

En la planta San Migue de Cementos Progreso S. A. se puede observar una estado de motivación positiva, deseo de cooperación y participación del personal, lo cual es beneficioso para implementación de cualquier proyecto y es un factor el cual se puede aprovechar para el mejoramiento del programa de monitoreo de condiciones.

En los niveles jerárquicos superiores se percibe una cultura de adaptación a los cambios, y al uso de tecnologías y herramientas de avanzada que permitan a la empresa mantenerse en un nivel de competencia acorde a las exigencias de los nuevos mercados, con clientes más exigentes. Están en la disposición de hacer la inversión de los recursos necesarios para el éxito de los proyectos siempre que éstos se justifiquen adecuadamente.

Se tiene claro que existen nuevos competidores y que la manera de mantener la participación en el mercado es cumpliendo con las exigencias de los clientes y siendo innovadores en cuanto a nuevos y mejores productos que cumplan con los estándares de calidad y precios que permitan ser una buena opción para el cliente.

En cada uno de los demás niveles se percibe un clima de receptividad de las obligaciones asignadas para el desarrollo de las actividades necesarias con el objetivo de lograr que tengan el éxito propuesto. Se puede ver que los equipos de trabajo se sienten comprometidos con las metas para que éstas tengan el mayor alcance.

Se tiene claro que existen deficiencias en algunos aspectos, los cuales deben ser mejorados como el Programa de Monitoreo de Condiciones, el cual no está cumpliendo eficazmente con los objetivos y es necesario incrementar actividades para lograr una cobertura adecuada de los equipos y las variables necesarias a monitorear para cumplir el objetivo.

1.3.1.1.1. Organización

En la estructura de la planta se encuentran descentralizadas las actividades de lubricación, monitoreo de vibraciones, análisis de aceites, gestión eléctrica y de instrumentación lo cual le permite a los miembros de cada departamento tomar decisiones sobre las actividades respectivas que les corresponden. Para la aplicación de técnicas de Monitoreo de Condiciones se cuenta con un departamento de predictivos donde hay 14 personas asignadas, quienes ejecutan las actividades VOSO, inspecciones visuales, vibraciones, temperaturas, alineamientos, medición de desgaste, partículas magnéticas, endoscopía y además serán responsables de ejecutar las técnicas de ultrasonido y termografía, la que será realizada por una o dos personas las cuales recibirán capacitación para desarrollar estas técnicas de manera efectiva.

El mantenimiento lo planifican las áreas, el departamento de predictivos genera avisos del estado de los equipos, los cuales sirven de apoyo para la planificación del mantenimiento.

1.3.1.1.2. Capacitación

El aprendizaje hasta ahora se puede decir que no tiene límites, cada día que pasa tiene eventos nuevos de los cuales aprendemos. El mantenimiento mecánico es un ambiente en el cual cada día existen nuevas herramientas de las cuales si hacemos un correcto uso y las adaptamos a las necesidades particulares de nuestra organización podemos lograr el máximo desempeño. Esto hace que en la planta existan algunas necesidades de capacitación, las cuales se pretenden implementar para cada miembro del grupo en su especialidad.

Eliminado: ¶
¶

1.3.1.1.3. Habilidades sistemáticas para la resolución de problemas

Los problemas es algo con lo que debemos luchar en nuestro diario vivir, las plantas industriales los presentan en las diferentes áreas. De suma importancia es la manera en que se resuelven, pues del tipo de tratamiento que se le de así será de eficaz la solución. Existen métodos científicos para la resolución problemas, lo que hace necesario que las personas encargadas de estas tareas, tengan conocimiento de las herramientas de las que pueden disponer para dar una solución eficaz. La única técnica utilizada en la planta San Miguel hasta antes de la certificación de ISO 9001, para la resolución de problemas era el FMEA. No obstante el concepto de perfil de riesgo fue mal interpretado, lo que disminuyó su efectividad para la toma de acciones que evitaran la reaparición de un fallo dado.

Eliminado: y aprendizaje entre los que podemos mencionar PDCA (Deming), el diagrama de esqueleto de pescado del Dr. Ishikawa o el aprendizaje por medio del Benchmarking

Eliminado: con estos métodos podemos dar soluciones de raíz a los problemas.

Principales aspectos organizacionales que caracterizan a la planta san miguel

Eliminado: ¶

- ✓ La organización de la Planta San Miguel ha experimentado diversos cambios con el paso del tiempo (de organización funcional a procesos y luego a matricial). [Ver](#) figura número 7
- ✓ Recientemente se implementaron dos programas (MAC en el 2000 e ISO 9001)
- ✓ La buena comunicación y alto grado de participación e involucramiento del personal han contribuido a facilitar la implementación de dichos programas
- ✓ MAC es percibido como una herramienta útil, que fue reforzada por el proceso ISO
- ✓ La percepción general es que los esfuerzos de mantenimiento predictivo son valiosos y han rendido frutos
- ✓ El seguimiento estricto al cumplimiento de acciones y compromisos jugó un papel muy importante en la exitosa implementación de la norma ISO
- ✓ El programa de Monitoreo de Condiciones es percibido como una herramienta que puede complementar y mejorar el sistema de Mantenimiento Preventivo actual

1.3.1.2. Evaluación de equipos

Para los procesos de producción los equipos han sido diseñados de tal manera que cumplan al máximo posible con aquellas funciones específicas las cuales requiere cada proceso. Para una planta de cemento existen diversos equipos en tamaño, complejidad de operación, costos, etc. Lo que crea la necesidad de clasificarlos de acuerdo a estas características.

1.3.1.2.1. Criticidad de equipos

Para la inclusión de los equipos en un programa de monitoreo de condiciones es importante conocer su criticidad, y ésta se determina en base a la incidencia de estos en los procesos productivos.

En la planta hace falta hacer una actualización y reclasificación de los equipos para determinar cuales merecen ser incluidos en los programas de mantenimiento predictivo. Revisar en SAP y validar con los Superintendentes. Revisar documentos del SAC-SM-UG-PR-01 Y formato de clasificación de Equipos críticos que también está en SAC-SM-UG-FO-10.

1.3.1.2.2. Indicadores visuales

Es de gran importancia que existan indicadores claros de aquellas variables de interés en cada equipo, pues es la base para poder determinar las condiciones de operación de éstos, así cualquier persona que observe puede saber y reportar cualquier anomalía.

En la planta cada equipo se encuentra marcado con un código de identificación lo que constituye una buena práctica, además, para los equipos críticos existen rótulos especiales en color rojo y blanco que los hace fácilmente identificables.

Los niveles de aceite en los equipos, generalmente, no cuentan con indicadores de los niveles máximos y mínimos en los cuales deben mantenerse para una operación normal. Para la toma de las muestras de aceite no se han marcado los puntos en los cuales se deben tomar.

Eliminado: pero esto puede provocar errores al cambiar un punto si quien toma las mediciones cambia el orden secuencial, qué sugieren, que se coloquen números?? O qué?

Eliminado: .

La limpieza en los equipos es bastante buena como para poder observar derramamientos o fugas. Existen diagramas de los circuitos hidráulicos lo que es una buena práctica pero no existen indicadores de presiones máximas de operación, temperatura, etc.

1.3.1.2.3. Monitoreo de vibraciones

Eliminado: ¶
¶

El monitoreo de vibraciones hasta la fecha ha cubierto muchos equipos que se consideran críticos para la planta, sin embargo es necesario ampliar esta cobertura pues existen muchos equipos que deberían estar incluidos en el programa de monitoreo de vibraciones, además, es necesario agregar de algunos equipos del programa, puntos que aun no se les está tomando vibraciones.

1.3.1.2.4. Análisis de aceites

Es necesario integrar al programa de análisis de aceites, todos aquellos equipos que por el tamaño de los depósitos de aceite tienen un alto consumo o bien por su condición de operación requieran especial atención. Es importante destacar que las acciones que se tomen para la ejecución de tareas de mantenimiento deben ser basadas en los análisis de aceites.

1.3.1.2.5. Termografía

Las actividades que se han desarrollado en termografía hasta la fecha solo incluyen equipos eléctricos, a pesar de que esta es una técnica que puede brindar grandes beneficios al programa de mantenimiento mecánico, por lo que se considera necesaria la inclusión de equipos y componentes mecánicos, en los cuales se puedan identificar problemas de calentamiento mediante esta técnica.

Tabla XII Resumen de equipos actuales en el programa MC

	VOSO	Inspecciones visuales	Vibraciones	Temperatura	Alineamientos	Desgaste	Ultrasonido	Endoscopia	Aceites	Termografía	TOTAL
TOTAL	1358	121	325	375	4	22	9	5	216	155	2590

1.3.1.3. Datos

Eliminado: ¶

Cuando se realizan rutinas monitoreo de condiciones, toda la información recabada es necesario almacenarla en una base de datos detallada para su utilización en el análisis de la tendencia en la conducta de operación de los equipos.

Los niveles de alarma deben ser fácilmente identificables para poder determinar la condición de operación de los equipos y poder atender aquellos los cuales presentan cualquier síntoma de mal funcionamiento. La base de datos se debe diseñar de tal manera que sea fácil encontrar un equipo con todo su historial.

En la planta San Miguel se han tenido buenos avances en el monitoreo de condiciones. Esto es parte del trabajo que se debe realizar en todas las áreas para actualizar sus equipos críticos.

1.3.1.3.1. Especificación de los niveles de alarmas actuales

Actualmente las alarmas de los equipos están ajustadas de acuerdo a normas de vibraciones, las cuales han sido diseñadas por instituciones que se dedican a dichos estudios.

El procedimiento para evaluar los niveles de alarma se resume de la siguiente manera:

1. Se toma cada familia de máquinas y se trabaja la información mas reciente en cada máquina de esa familia.
2. Se calcula el nivel total promedio de esa familia (X_{pro}), para lo cual se debe sumar el nivel de cada punto de cada máquina de toda la familia, y dividir entre el número total de muestras de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$X_{AVE} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots x_n}{n} \quad \text{Ecuación 1.5}$$

Donde:

X_{PRO} = Promedio o valor medio

X_1 = Valor de cada muestra individual

n = número de muestras

3. Calcular la desviación estándar (S) de los datos en esta familia, como lo indica la ecuación 1.6

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_n - X_{AVE})^2}{n-1}} \quad \text{Ecuación 1.6}$$

Donde:

S = Desviación estándar

4. Luego, calcular la alarma total estadística para la familia mediante la siguiente fórmula.

$$ATestadística_1 = X_{PRO} + 2S \quad \text{ecuación 1.7}$$

(Se usa en general durante la línea de base, y muy a menudo en los primeros estudios)

$$ATestadística_2 = X_{PRO} + 3S \quad \text{ecuación 1.8}$$

(Se usa en general después de realizar estudios reiterados y acción correctiva). De esta manera los equipos de la planta están sujetos a las alarmas de las normas ISO 2372, ISO 3945, ISO 7919.

1.3.1.3.2. Criterio para clasificación de estado general

Velocidad total de cresta plgs/seg.

1. Con una velocidad de máquina supuesta 600 a 60,000 rpm.
2. Con mediciones supuestas mediante acelerómetro o sensor de velocidad, lo más cercana posible a la caja del cojinete.
3. En el supuesto de que la máquina no esté montada en aisladores de vibración (para maquinaria aislada fijar alarma de 30 a 50% mas arriba).
4. Fijar alarma de motor igual que la del tipo de máquina específica, a menos que se señale una en especial.
5. Fijar alarmas en cada caja de engranajes 25% más arriba que para un tipo particular de máquina.

Tabla XIII Criterio para clasificación de estado general

Tipo de maquina	Buena	Regular	Alarma 1	Alarma 2
Transmisiones de torres de enfriamiento				
Flecha larga y hueca	0-0.375	0.375-0.600	0.600	0.900
Acoplamiento por bandas	0-0.275	0.275-0.425	0.425	0.650
Acopladas Directamente	0-0.200	0.200-0.300	0.300	0.450
COMPRESORAS				
De movimiento alternativo	0-0.325	0.325-0.500	0.500	0.750
Tipo tornillo	0-0.275	0.275-0.425	0.425	0.650
Centrifugas con o sin reductor externo	0-0.200	0.200-0.300	0.300	0.450
Centrifuga-engranaje integral (medidas axiales)	0-0.200	0.200-0.300	0.300	0.450
Centrifuga-engranaje integral (medidas radiales)	0-0.150	0.150-0.250	0.250	0.375
SOPLADORES (VENTILADORES)				
Giratorios tipo lóbulo	0-0.300	0.300-0.450	0.450	0.675
Accionados por bandas	0-0.275	0.275-0.425	0.425	0.650
Ventiladores generales de transmisión directa (con acople)	0-0.250	0.250-0.375	0.375	0.550
Ventiladores de aire primarios	0-0.250	0.250-0.375	0.375	0.550
Ventiladores de tiro forzado (grandes)	0-0.200	0.200-0.300	0.300	0.450
Ventiladores de tiro inducido (grandes)	0-0.175	0.175-0.275	0.275	0.400
Ventiladores de tiro inducido (grandes)	0-0.175	0.175-0.275	0.275	0.400
Ventilador integral montado en eje (eje extendido de motor)	0-0.150	0.150-0.250	0.150	0.375
Ventilador axial con aletas guía				

Tabla XXVII Rutas de termografía (Cont.)

JUEGOS DE MOTOR/GENERADOR Impulsados por banda De acoplamiento directo	0-0.275 0-0.200	0.275-0.425 0.200-0.300	0.425 0.300	0.675 0.450
ENFRIADORES De movimiento alternativo Centrífugos (al aire libre) Separación de compresor a motor Centrífugo (hermético) Con motor y rueda motriz internos	0-0.250 0-0.200 0-0.150	0.275-0.425 0.200-0.300 0.150-0.225	0.400 0.300 0.225	0.600 0.450 0.350
TURBO GENERADORES GRANDES Turbogeneradores de 3600 RPM Turbogeneradores de 1800 RPM	0-0.175 0-0.150	0.175-0.275 0.150-0.225	0.275 0.225	0.400 0.350
BOMBAS CENTRÍFUGAS Bombas verticales (12'-20' de altura) Bombas verticales (8'-12' de altura) Bombas verticales (5'-8' de altura) Bombas verticales (0' -5' de altura) Bomba horizontal de uso general y acoplamiento directo Bomba de alimentación para caldera Bombas hidráulicas	0-0.375 0-0.325 0-0.250 0-0.200 0-0.200 0-0.200 0-0.125	0.375-0.600 0.325-0.500 0.250-0.400 0.200-0.300 0.200-0.300 0.200-0.300 0.125-0.200	0.600 0.500 0.400 0.300 0.300 0.300 0.200	0.900 0.750 0.600 0.450 0.450 0.450 0.300
MAQUINAS-HERRAMIENTAS Motor Entrada de reductores Salida de reductores Husillos: a) operaciones de desbastamiento b) acabado c) maquinado crítico	0-0.100 0-0.0150 0-0.100 0-0.075 0-0.050 0-0.030	0.100-0.175 0.150-0.225 0.100-0.175 0.075-0.125 0.050-0.075 0.030-0.050	0.175 0.225 0.175 0.125 0.175 0.050	0.250 0.350 0.250 0.175 0.115 0.075

Generalmente la base de datos esta programada con lecturas de cero a pico y bajo este criterio se plantean los niveles de alarma, sin embargo por la gran cantidad de frecuencias que se presentan principalmente en reductores es más recomendable realizar estas mediciones en la escala de RMS, que ayuda a promediar el valor y reduce las variaciones de las lecturas con lo que el análisis es más certero.

En cuanto a los puntos de monitoreo de vibraciones en cada uno de los equipos en los cuales se lleva a cabo esta práctica, se puede notar que en algunos equipos hace falta tomar mediciones, es decir que algunos puntos no están marcados y es necesario tomar estas mediciones para aumentar la probabilidad de detectar las fallas de forma temprana.

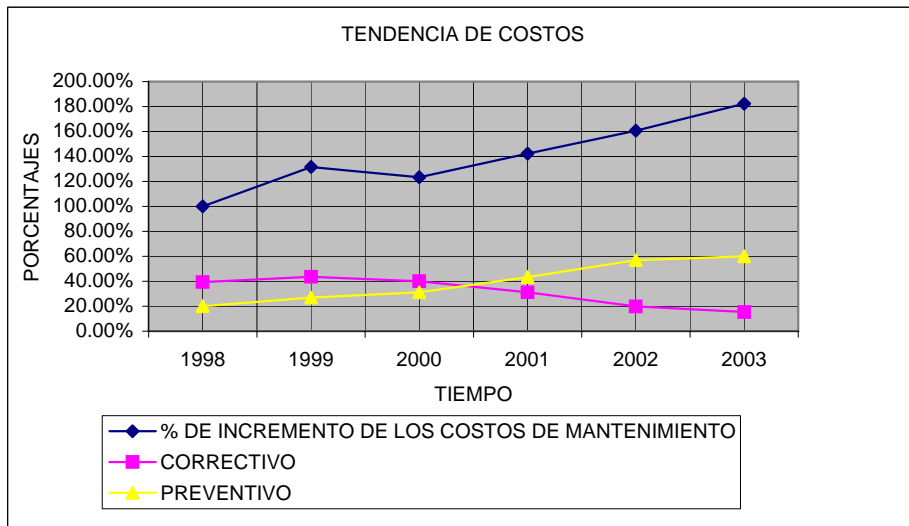
Los análisis de aceite se llevan a través del proveedor, el cual retroalimenta a la planta con los resultados obtenidos de las muestras. Esa información es manejada a través de hojas de *Excel* en donde se llevan tendencias y algunas recomendaciones del proveedor de lubricantes. En esta base de datos no se cuenta con límites condenatorios que sirvan de referencia para la toma de decisiones basada en estos resultados.

En general las rutinas de inspección incluyendo las de lubricación son administradas en sistemas alternos como *Excel* o *Microsoft Project* en lugar de hacerse en el sistema SAP.

1.3.1.4. Evaluación financiera

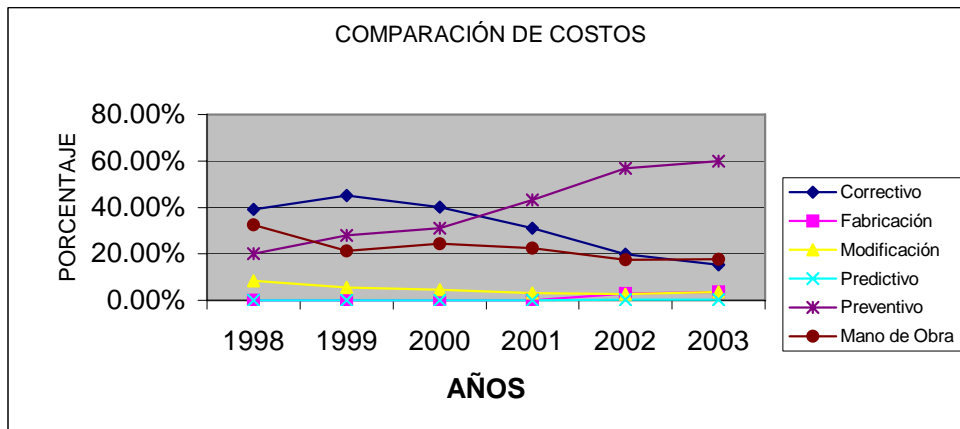
En la gráfica se puede observar la tendencia de los costos durante los años comprendidos entre 1998 al 2003. Se puede apreciar un crecimiento acelerado de los costos totales de mantenimiento. Se puede apreciar una disminución del costo por mantenimiento correctivo, sin embargo el costo por mantenimiento preventivo se ha elevado de manera considerable. Lo que ha provocado un alza en los costos totales de mantenimiento.

Figura 13 Gráfica de tendencia de costos totales



El crecimiento del costo total se mide con respecto del año 1998.

Figura 14 Gráfica de comparación de costos



En esta gráfica se puede ver la relación entre los gastos por tipo de mantenimiento, respecto del costo total.

Las pérdidas por paros en la producción se pueden calcular multiplicando el tiempo total de paros provocados por fallas mecánicas (en horas) por la tasa de producción promedio por hora en el área de clinker.

La tasa de producción promedio de clinker en el período de junio 2003 a julio 2004 es de 172 Tm/h. (Fuente reporte de producción cemento).

El total de horas de paro por fallas mecánicas, en el período de julio 2003 a junio 2004 es de en el área de clinker es de 87.15 hrs. (datos extraídos de tabla de porcentajes de fallas y mantto. por área).

De esta cuenta tenemos lo siguiente, $172 \text{ Tm/h} \times 87.15 \text{ h} = 14,989 \text{ Tm}$. Como resultado encontramos que tenemos una pérdida de la producción por paros debidos a fallas mecánicas de 14,989Tm.

1.3.2. Evaluación de los requerimientos

1.3.2.1. Cultura

El momento óptimo para iniciar cualquier actividad en la vida es aquel en cual el hombre se encuentra en un estado de motivación positiva. Para la implementación de proyectos en una organización la situación se vuelve un poco compleja debido a la cantidad de personas que la integran y a la diversidad de culturas. Es tarea de los líderes de mantener un ambiente de motivación que beneficie a la organización.

Eliminado: ¶

¶
¶
¶
¶
¶
¶
¶
¶
¶

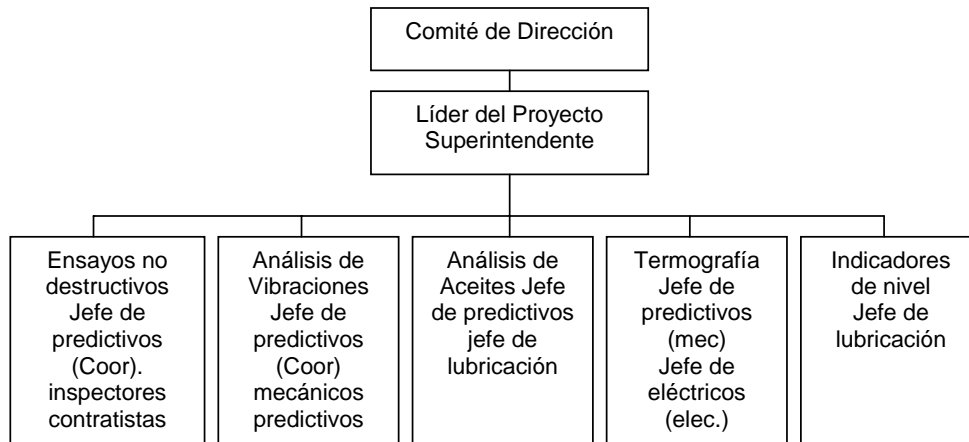
Si cada individuo que integra la organización se encuentra en la disposición de colaborar en cada actividad la cual requiera de su esfuerzo, esto lo podremos aprovechar para la ejecución de proyectos que beneficien a la organización. Para poder alcanzar los objetivos que persigue el programa de Monitoreo de Condiciones, es necesaria la participación y colaboración de todos.

1.3.2.1.1. Requerimientos de personal

Todo sistema independientemente de su complejidad debe tener sus recursos debidamente organizados para poder asignar las funciones que debe desempeñar cada uno de ellos. El recurso humano es el mas importante con el que cuenta una empresa, se debe organizar de manera que se puedan asignar cada una de las funciones que debe desempeñar cada miembro y establecer la autoridad respectiva y delimitar sus alcances. Así mismo se deben establecer los canales de comunicación apropiados para facilitar el acceso a toda la información necesaria para que se pueda cumplir con las obligaciones respectivas.

Para el cumplimiento de cada una de las actividades y que estas tengan la eficacia buscada se propone la siguiente organización.

Figura 15 Organización del proyecto



Eliminado: ¶

El líder de proyecto, tendrá como función principal la responsabilidad de coordinar el trabajo de los miembros del equipo, velar por el cumplimiento de los objetivos y metas propuestos, ser la persona de contacto para con proveedores externos. Además, deberá emitir un informe de avance al Comité de Dirección.

Quizá una de sus más importantes funciones es la de desarrollar el plan de comunicación para con todos los niveles de planta y velar porque no se dé la imagen de que ésta iniciativa solo atañe a mantenimiento. Se debe recurrir a medios de difusión tales como carteleras y boletines.

En lo que respecta a ensayos no destructivos, se prevé que el Jefe de Predictivos, coordine tanto las pruebas realizadas por los inspectores internos (tintes penetrantes, partículas magnéticas) así como las ejecutadas por contratistas (detección de fisuras con ultrasonido). Como parte de este quehacer, será el responsable de que se realicen las pruebas pertinentes según la naturaleza de los equipos.

Las inspecciones termográficas efectuadas hasta la fecha han cubierto solo aplicaciones eléctricas. No obstante, el potencial de esta herramienta es enorme y deberá ampliarse a sistemas de índole mecánica (reductores, chumaceras e inclusive revestimiento refractario en ciclones). Esto debería ser coordinado por el Jefe de Predictivos.

1.3.2.1.2. Requerimientos de capacitación

Para lograr que los miembros de la organización cumplan con sus obligaciones de manera efectiva, no basta con la motivación y el deseo, es necesario que tengan los conocimientos para desempeñar sus funciones. De manera que es necesario implementar un sistema de capacitación para cada miembro en su especialidad.

Tabla XIV Listado de cursos que se impartirán

Curso	Participantes	Nivel HI	Nivel II
Análisis de vibraciones	Óscar Calderón	X	X
	Mario Garrido	X	
	Sergio Valcárcel	X	
	Renato Buezo	X	
Análisis de aceites	Ricardo Herrera	X	X
	Lubricadores	X	
	Óscar Calderón	X	
Termografía	Renato Buezo	X	
	Félix Miranda	X	
	Óscar Calderón	X	
Análisis causa raíz / FMEA	Óscar Calderón		X
	Guillermo Fajardo		X
	Alejandro Flores		X
	Enrique López		X
Sistema de monitoreo en línea	Óscar Calderón	X	
	Sergio Valcárcel	X	
	Renato Buezo	X	
	Mario Garrido	X	
	Sergio Fuentes	X	
Ultrasonido	Renato Buezo	X	
	Óscar Calderón	X	

Eliminado: Sergio Fuentes

Eliminado: Félix Miranda

Eliminado: X

Eliminado: Óscar Calderón

Eliminado: X

1.3.2.2. Evaluación de equipos

Entre los puntos mas importantes para el mejoramiento de programa de Monitoreo de Condiciones se propone lo siguiente:

1.3.2.2.1. Programa de visualización

Cada uno de los equipos que cuentan con instrumentos de medición de sus diferentes funciones, deben estar claramente identificados y marcados, para que cualquier persona pueda distinguir los niveles normales de operación. Se deben identificar por ejemplo los niveles máximos y mínimos de aceite, presión, temperatura, etc.

Esta tarea requiere una estrecha cooperación de las áreas de proceso, así como de los ingenieros de optimización, con el fin de determinar los valores de operación aceptables para los distintos dispositivos. El listado de equipos para marcar indicadores de nivel está en el apéndice A1.

1.3.2.2.2. Análisis de vibraciones

Una de las variables mas importantes para el análisis del comportamiento de los equipos son las vibraciones, una correcta medición e interpretación de los resultados puede ser la base para un buen programa de mantenimiento preventivo.

Para completar y mejorar el monitoreo de condiciones se deben tomar en cuenta factores tales como la criticidad de los equipos y la frecuencia de fallo de algunos de ellos y adicionar al programa todo aquel equipo que por criterio requiera la integración al programa, con esto se puede mejorar el desempeño y la disponibilidad de los equipos principales.

1.3.2.2.3. Análisis de aceite

Para determinar los equipos a los cuales se les debe practicar un análisis de aceites se deben tomar en cuenta la criticidad el tamaño de los depósitos. Luego de considerados estos aspectos y comparados con el costo de análisis, se deben agregar al programa aquellos equipos que necesiten integrarse al programa.

Una vez que se disponga de información de referencia (luego de un año de monitoreo) y en función de los resultados, las frecuencias deben optimizarse.

Los resultados de las muestras analizadas son recibidos por el responsable de inspección predictiva, el cual analiza y correlaciona la información con los demás rubros como vibraciones, temperaturas, etc. con esto se puede hacer un análisis completo del equipo y en coordinación con el responsable de lubricación y el encargado del área a la que pertenezca el equipo respectivo, ejecutar las acciones necesarias para mejorar el desempeño.

Es necesario definir los puntos óptimos donde se extraerán las muestras y que se marquen dichos puntos.

1.3.2.2.4. Termografía

Para lograr un mayor beneficio es recomendable hacer un análisis profundo en equipos mecánicos y de proceso para extender esta técnica, como por ejemplo reductores principales tales como molinos y hornos, chumaceras de hornos y ventiladores importantes, precalentador y ducto de aire terciario, por mencionar algunos.

Esta parte del programa se lleva actualmente bajo el rubro de servicio de terceros, de acuerdo a los resultados obtenidos es necesario replantear las frecuencias de inspección buscando primeramente 6 meses y después un año como objetivo.

Eliminado: ¶
¶ Programa de Lubricación ¶
 ¶ El programa de lubricación se debe ajustar en base a los resultados del análisis de aceites para mejorar la eficiencia con respecto a recambios de lubricantes basados en periodos de tiempo. ¶
 ¶ Recomendaciones: ¶
 En lugares en donde se cuenta con bayoneta para medir el nivel de lubricante, es recomendable cambiar por mirilla de nivel, ya que esto hace que durante la inspección tome menos tiempo, así como también evitar la entrada de elementos extraños tales como polvo, manteniendo el lubricante en las condiciones de limpieza requeridos. A su vez es de gran ayuda el marcar los niveles de aceite a los cuales el equipo debe operar, tanto como el mínimo y máximo cuando se encuentre parado. Dentro de las rutinas de inspección de los lubricadores, deberá contarse con un termómetro láser para verificar las temperaturas después de cada reengrase, así como medir el perfil de temperaturas en las transmisiones de piñón corona. Es necesario el replantear las rutinas de lubricación en el sistema SAP, ya que actualmente no ... [1]

Eliminado: la información obtenida por conducto del lubricante, esto sin duda es una buena práctica, sin embargo para que el responsable de lubricación entienda que pasa con cada uno de los lubricantes instalados, además de poder medir el desempeño del lubricante y a su vez proponga alternativas de solución ... [2]

Eliminado: .

Eliminado: . Dichas tomas deben ser también responsabilidad del lubricador, debido a q

Eliminado: desarrolladpor el responsable de lubricaci

1.3.2.2.5. Total de equipos propuestos para el programa de monitoreo de condición

Por la incidencia que tienen en los procesos de producción es necesario incluir al programa de Monitoreo de Condiciones todo aquel equipo que por criterio deba pertenecer a dicho programa. En la tabla siguiente se encuentra la cantidad total de equipos que deben estar integrados al programa de Monitoreo de Condiciones, los cuales se encuentran enlistados en sus respectivas rutas identificados por su HAC.

Tabla XV Resumen de equipos propuestos para el programa de monitoreo de condiciones

	VOSO	Inspecciones visuales	Vibraciones	Temperatura	Alineamientos	Desgaste	Ultrasonido	Endoscopia	Aceites	Termografía	TOTAL
TOTALES	2019	164	634	543	8	61	5	263	13	367	4067

1.3.2.3. Datos

Durante una visita en campo se pudo apreciar que existen puntos marcados para la toma de vibraciones para con ello asegurar que cada lectura sea lo más similar a la anterior en el sentido de eliminar el error de medición. Como resultado de esta apreciación física se puede ver que no todos los equipos que se monitorean, incluyen todos los puntos, lo que ocasiona un cierto riesgo de que se produzca la falla en alguno de estos y no sea detectada en sus etapas tempranas. Es necesario adicionar dichos puntos para evitar que esto pase. Hacer una revisión y actualización de los puntos donde se toman las vibraciones y asegurar que todos los puntos estén correctamente marcados.

Para aquellos equipos de los cuales se tiene suficiente información en cuanto a monitoreo de vibraciones es necesario actualizar las alarmas de acuerdo al historial de fallas de cada uno de ellos, ajustándolas a la realidad de cada equipo. Los equipos que se van integrar al programa y carecen de información, sus alarmas serán ajustadas de acuerdo a la familia que pertenezcan.

1.3.2.3.1. Especificación de los niveles de alarmas en base a historial

Las nuevas alarmas se ajustarán a la realidad de los equipos de la planta, pues se valuarán tomando los datos archivados, resultado de la toma de vibraciones que se realiza a cada equipo.

El procedimiento para evaluar los niveles de alarma se resume de la siguiente manera:

1. Se toma cada familia de máquinas y se trabaja la información mas reciente en cada máquina de esa familia.
2. Se calcula el nivel total promedio de esa familia (X_{pro}), para lo cual se debe sumar el nivel de cada punto de cada máquina de toda la familia, y dividir entre el numero total de muestras de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$X_{AVE} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad \text{Ecuación 1.9}$$

Donde:

X_{AVE} = Promedio o valor medio

x_i = Valor de cada muestra individual

n = número de muestras

3. Calcular la desviación estándar (S) de los datos en esta familia, como lo indica la ecuación 1.6.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_n - X_{AVE})^2}{n - 1}} \quad \text{Ecuación 1.10}$$

Donde:

S = Desviación estándar

4. Luego, calcular la alarma total estadística para la familia mediante la siguientes fórmulas.

$$AT_{estadística_1} = X_{PRO} + 0.5S \quad \text{ecuación 1.11}$$

$$AT_{estadística_2} = X_{PRO} + S \quad \text{ecuación 1.12}$$

$$AT_{estadística_3} = X_{PRO} + 1.5S \quad \text{ecuación 1.12}$$

$$AT_{estadística_4} = X_{PRO} + 2S \quad \text{ecuación. 1.12}$$

Las unidades pasarán a RMS, para asegurar que las mediciones sean lo mas certeras posible.

Para los análisis de aceites se deben tener tablas comparativas para los análisis respectivos de los equipos y así poder determinar la condición de los resultados.

En este documento se puede encontrar tablas comparativas de los límites condenatorios de la condición de los aceites lubricantes y fluidos hidráulicos. (Págs. 56-58).

1.3.2.4. Evaluación financiera

En cuanto a las estrategias para conseguir la disminución de los costos totales de mantenimiento se considera que con la ampliación del programa de Monitoreo de Condiciones se puede hacer mas eficiente el mantenimiento preventivo, que es principalmente el rubro mas elevado. Además conseguir una disminución de mantenimiento correctivo.

La meta actual es disminuir los costos totales por tonelada en un 7.5%.
(fuente. Metas Costo USD por tmVP4%)

El total de horas de paro por fallas mecánicas en desde trituración a molinos de cemento en el periodo estimado de junio 2003 a mayo 2004 es de 320.37, según se considera por el tipo de fallas que con la aplicación de las técnicas de monitoreo de condiciones, tomando en cuenta que se van a adicionar un total de 1,476 equipos nuevos al programa lo que equivale a un 57% mas de equipos con respecto a la cantidad actual que se monitorean, y según cálculos realizados por holcim (informe PT-Dok.:SM-21 Pág. 28) se podrá evitar un 10% del total de fallas mecánicas. Lo que da como resultado una disminución de 32.04 hrs. Si multiplicamos este resultado por la producción promedio encontramos $32.04\text{hrs.} \times 172 \text{ Tm. de clinker/h} = 5510\text{Tm. de clinker}$. Encontramos que tendremos un aumento aproximado de 5,510 Tm./anuales.

1.3.3. Análisis de resultados

Al analizar los resultados obtenidos podemos decir que la planta San Miguel se encuentra en una posición que se puede considerar aceptable, esto como resultado de los esfuerzos que se han hecho para la mejora de los programas de mantenimiento que le permitan ser una planta competente, y concientes de que el mantenimiento es una fuente de ingresos cuando los recursos son administrados en forma eficiente y las actividades son efectivas y eficaces.

Desde luego, existen aspectos en los que se puede mejorar, causa por la cual se han hecho los estudios de las condiciones actuales de desempeño de los programas de mantenimiento y sus resultados y como consecuencia se han hecho las recomendaciones respectivas en secciones anteriores.

De la implementación de las recomendaciones anteriores y de la disposición de cada uno de los integrantes de la organización para realizar la actividades correspondientes depende el avance que se pueda obtener en lo que respecta a Monitoreo de Condiciones.

1.3.3.1. Comparación actual y requerimientos

Tabla XVI Comparación de resultados

	Actual	Metas
Aspectos culturales	63%	75%
Evaluación de Equipos	61%	78%
Datos	67%	73%
Promedio	63%	75%
Evaluación financiera		Bajar los costos a 92.5% (Con respecto del año 2003) (fuente. Metas Costo USD por tmVP4%)

1.3.3.2. Definición de la brecha

En la siguiente tabla se muestra la diferencia entre los equipos que actualmente se monitorean y los que debieran monitorearse.

Se puede ver en las clasificaciones para cada técnica la cantidad de equipos que es necesario integrar al programa de monitoreo de condiciones.

Tabla XVII Cálculo de la brecha

	VOSO	Inspecciones visuales	Vibraciones	Temperatura	Alineamientos	Desgaste	Ultrasonido	Endoscopia	Aceites	Termografía	TOTALES
Equipos actuales contemplados en el programa cm	1358	121	325	375	4	22	9	5	216	155	2590
Total de equipos que por la incidencia que tienen en los procesos se considera necesario incluirlos en el programa de Monitoreo de Condiciones	2019	164	634	543	8	61	13	5	263	367	4067
BRECHA	661	43	309	168	4	39	4	0	47	212	1477

La brecha corresponde a un 57% en aumento de equipos que se integrarán al programa de monitoreo de condiciones.

2. DISEÑO DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE CONDICIONES

La programación en un departamento de mantenimiento es vital para el desarrollo de la labor que se ejecuta, pues de esta manera se puede tener un control de la ejecución del programa de mantenimiento y dependiendo de si se cumple con la programación así será de eficiente el uso de los recursos. El plan de trabajo no es más que el cronograma de las actividades que se deben realizar, determinando la fecha en que se van a ejecutar. Esto es importante, pues de esta manera se preparan los recursos que se necesiten para la realización de las actividades correspondientes. El objetivo general debe ser conseguir la realización del trabajo en el tiempo más corto posible con la mano de obra disponible. En los siguientes párrafos encontrará las claves modelos de cada una de las técnicas a ejecutar y las tablas donde se enlistan los equipos que integrarán el nuevo programa de mantenimiento.

2.1. Rutinas de inspección, definición de rutas y procedimiento

2.1.1. VOSO

Para cumplir con las actividades de la técnica VOSO de manera efectiva, se deben tomar las precauciones necesarias y cumplir con indicaciones respectivas. Aquí encontrará su respectiva clave modelo donde se indican las precauciones y las indicaciones de ejecución.

Figura 16 Clave modelo VOSO

CLAVE MODELO	VOSO
La técnica VOSO se realiza con el equipo en marcha y a intervalos muy cortos, la mayoría de los equipos de la planta están afectos a esta práctica	
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección • Lentes protectores • Mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos(si el ruido es excesivo)
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en marcha, tener cuidado con partes móviles
Indicaciones	
Ver:	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del área y de los equipos • Que los equipos cuenten con guardas y elementos de protección • Observar que los procesos sean normales • Que no existan fugas o derramamientos de material, líquidos hidráulicos, aceites lubricantes, agua, etc. • Que los indicadores de temperatura, nivel y presión, se encuentren entre los parámetros normales de operación • Que no existan excesos o falta de grasa • Que no existan cambios súbitos de temperaturas en los equipos • Que no existan elementos flojos • Revisar que no exista corrosión
Oír:	<ul style="list-style-type: none"> • Que no hayan ruidos anormales • Ruidos excesivos por vibraciones, resequedad (falta de lubricación), elementos flojos o mal ajustados, etc
Sentir:	<ul style="list-style-type: none"> • Que los equipos móviles no vibren de manera anormal, que no existan temperaturas elevadas
Oler:	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturas excesivas, fugas, etc
<p>NOTA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cualquier situación que pueda parecer anormal se debe reportar mediante un AVISO M2 en el sistema • Avisar a encargado del área o a control central • En caso de necesitar un diagnóstico hacer análisis con instrumentos 	

Tabla XVIII Rutas VOSO

TRITURACIÓN				HARINA CRUDA
RUTA 1		RUTA 2		RUTA 1
21-201-312	21-212-EL1	21-212-DP1	21-292-BM2	21-311-AK1
21-202-311	21-212-EL2	21-212-DP2	21-292-BA1	21-311-AK2
21-211-BA1	21-212-TL1	21-212-DP3	21-292-BA2	21-311-AK3
21-211-CA1	21-212-AV1	21-212-DP4	21-292-BA3	21-311-AK4
21-211-SE1	21-212-CS1	21-212-CS5	21-292-UP1	21-311-AK5
21-211-UP1	21-212-BD1	21-212-BA1	21-292-VE4	21-311-RC1
21-211-VE2	21-212-AK1	21-292-312	21-292-CS8	21-311-TK1
21-211-TL1	21-212-CA1	21-212-BA2	21-K22-CS1	21-311-SH1
21-211-TL2	21-212-MU1	21-292-CS5	21-K12-CS2	21-311-BM1
21-211-DP2	21-212-TM1	21-292-CD1	21-K12-CY1	21-311-SH2
21-211-RD2	21-212-CS2	21-292-CS6	21-K93-CS1	21-311-BM2
21-211-DP1	21-212-CS3	21-292-CS7	21-K94-CS1	21-311-FR1
21-211-RD1	21-212-CY1	21-K12-CS1	21-K94-CS2	21-311-CS1
21-211-TB1	21-212-CS4	21-292-FT3	21-K94-FT1	21-311-BD1
21-211-AK8	21-212-351	21-292-VE3	21-K94-VE1	21-313-TL1
21-211-SH1		21-313-CS4		
21-211-CS1		21-313-CD1		
21-211-BD1		21-313-FT2		
21-211-SH2		21-313-CD2		
21-211-EL1		21-313-CS5		
21-211-CS2		21-313-VE2		
21-211-IA1		21-313-CD3		
21-211-RT1		21-292-311		
21-211-VE1		21-292-AV1		
21-211-FT1		21-292-CS1		
21-291-FT1		21-292-CS3		
21-291-VE1		21-292-CS4		
21-251-311		21-292-VE1		
21-251-MU1		21-292-FT1		
21-291-AD1		21-292-CS2		
21-291-SH1		21-292-DX1		
21-291-AK1		21-292-BD1		
21-291-AK2		21-292-GR1		
21-291-AK3		21-292-CV1		
21-291-AK4		21-292-CD2		
21-291-AK5		21-292-TG1		
21-291-AK6		22-391-CS1		
21-291-CS2		21-292-313		
21-291-CS1		21-472-BA1		
21-291-EL1		21-292-FT2		
21-212-GR1		21-292-VE2		
21-212-4Q1		21-292-EL1		
21-212-BA3		21-292-RT1		
21-212-TG1		21-292-RT2		
21-212-BM3		21-292-BM1		

Tabla XVIII Rutas VOSO (Cont.)

HARINA CRUDA				
RUTA2		RUTA 3		
21-313-TL2	21-323-ED4	21-393-MU1	21-392-351	21-372-MU2
21-K93-TY4	21-323-VE3	21-393-AZ4	21-392-352	21-372-AZ3
21-K93-TY5	21-323-EL1	21-393-AZ5	21-392-353	21-372-CI1
21-313-BP1	21-323-BM3	21-393-AZ6	21-392-354	21-372-VM1
21-313-BP2	21-323-BM4	21-393-AZ7	21-312-BP1	21-372-CI2
21-313-BP3	21-323-BM5	21-393-AZ8	21-312-BP2	21-372-VM2
21-313-BP4	21-323-BM6	21-393-AZ9	21-312-BP3	21-372-FT1
21-313-FT1	21-323-BM7	21-393-AZA	21-312-BP4	21-372-TF1
21-313-VE1	21-323-BM8	21-393-FT2	21-312-BP5	21-372-VE1
21-313-CS6	21-323-BM9	21-393-VE2	21-312-CS1	21-372-CM2
21-313-BD2	21-323-SH1		21-312-CS2	21-372-SP1
21-313-BD3	21-323-BM1		21-312-CS3	21-372-EL1
21-313-FT3	21-323-BM2		21-312-CS4	21-372-EC1
21-313-VE3	21-323-IJ1		21-312-CS5	21-372-TF2
21-313-CS1	21-323-BA1		21-312-VE1	21-392-TY1
21-313-UP1	21-323-BA2		21-312-FT1	21-392-AZ1
21-313-VE5	21-323-EL2		21-312-AK1	21-392-AZ2
21-313-VE4	21-323-BMA		21-312-CM1	21-392-AZ3
21-313-FT4	21-323-BMB		21-392-CA1	21-392-AZ4
21-313-CS2	21-323-BMC		21-392-BM1	21-392-AZ5
21-313-IA1	21-323-BMD		21-392-CA2	21-392-AZ6
21-313-CS9	21-323-BMF		21-392-BM2	21-392-AZ7
21-313-CS3	21-323-BKJ		21-392-CA3	21-392-AZ8
21-313-BD1	21-323-BMG		21-392-BN1	21-392-SR1
21-313-DX1	21-323-VE2		21-392-VM1	21-392-SR2
21-323-EC1	21-323-PA1		21-392-VV1	21-392-FT1
21-323-AK6	21-323-BMH		21-392-VV2	21-392-TF1
21-313-DM1	21-323-AH1		21-392-BN2	21-392-CM1
21-313-TL3	21-323-PA2		21-372-VE2	21-392-VE1
21-313-CM2	21-323-PS1		21-372-BM1	21-392-FT2
21-323-SP1	21-323-PC1		21-372-SR1	21-392-CM2
21-323-EL3	21-323-FT1		21-372-AZ1	
21-323-ED5	21-323-VE1		21-372-SR2	
21-323-AKA	21-393-SR1		21-372-AZ2	
21-323-TV1	21-393-SR2		21-362-BM1	
21-323-MR1/M01	21-393-AZ1		21-362-BM2	
21-323-AP1	21-393-AZ2		21-362-MB1/M01	
21-323-MR1	21-393-FT1		21-362-EG1	
21-323-PA3	21-393-TF1		21-362-CA1	
21-323-CI1	21-393-VE1		21-362-MB1	
21-323-CI2	21-393-AK2		21-362-CM1	
21-323-CI3	21-393-EC1		21-362-VA1	
21-323-CI4	21-393-SR4		21-362-BM3	
21-323-ED1	21-393-SR5		21-362-AP1	
21-323-ED2	21-393-AZ3		21-372-MU1	
21-323-ED3				

Tabla XVIII Rutas VOSO (Cont.)

HARINA CRUDA		HORNOS		
RUTA 4		RUTA 1		
21-311-BP1	21-371-VM1	29-L10-CC4	21-421-VM6	21-421-VM4
21-311-BP2	21-371-VM2	21-481-VE1	21-421-VM8	21-411-SR6
21-311-BP3	21-371-SR1	21-471-TS1	21-421-VMA	21-411-SR8
21-311-BP4	21-371-SR2	29-L10-BC1	21-421-VMC	21-411-SR9
21-311-BP5	21-371-SR3	21-L23-BC1	21-421-VME	21-411-SR1
21-311-CS5	21-371-AZ2	21-L23-FC1	21-421-VE2	21-411-VE2
21-311-CS2	21-371-SP1	21-L23-FC2	21-421-VE3	21-411-AZ3
21-311CS6	21-371-EL1	21-471-VE5	21-421-VE1	21-411-AZ6
21-311-FT1	21-371-EC1	21-491-TK1	21-L40-UP1	21-411-AZ2
21-311-AK6	21-391-VE1	21-491-TK2	21-441-BM1	21-411-AZ4
21-311-CM1	21-391-FT1	21-491-EC1	21-441-CA1	21-411-AZ5
21-311-VE1	21-391-TF1	21-491-EC2	21-441-VE1	21-411-VE1
21-311-CS3	21-391-CM3	21-490-FT3	21-421-VE4	21-411-VM2
21-311-CS4	21-391-AZ1	21-490-VE3	21-411-SR4	21-411-SR3
21-391-CA1	21-391-AZ2	21-491-FT1	21-411-SR5	21-411-AZ1
21-391-BN1	21-391-BN3	21-491-VE1	21-431-AM1	21-411-SR2
21-391-VV1	21-391-BN4	21-490-FT4	21-441-2K2	21-411-VM1
21-391-VV2	21-391-CA7	21-491-TK3	21-431-AK1	21-431-CA1
21-391-VV3	21-391-CA8	21-491-TK4	21-411-TY1	21-411-CA1
21-391-VV4	21-391-SR1	21-481-AK1	21-411-VA5	21-411-CA2
21-391-VV5	21-3P1-VE1	21-471-EK1	21-411-SR7	21-411-CA3
21-391-BN2	21-392-VE2	21-471-VE1	21-451-CA1	21-411-CA4
21-371-MU1	21-3P2-VE1	21-471-VE2	21-451-VE1	29-D30-FT1
21-361-BM1		21-471-VE3	21-411-TF2	29-D30-VE1
21-361-BM2		21-471-VE4	21-411-ED1	29-D30-CA1
21-371-AZ1		21-461-R02	21-411-FT1	29-D30-CA2
21-361-CA1		21-461-R03	21-431-VV1	29-D30-CA3
21-371-VE2		21-461-R04	21-411-VE3	29-D30-CA7
21-361-MB1/M01		21-461-R05	21-441-CI1	29-D30-CA8
21-361-EG1		21-461-R06	21-441-CI2	
21-391-MU1		21-461-R07	21-441-CI3	
21-361-MB1		21-461-R08	21-441-CI4	
21-361-CM1		21-461-R09	21-421-TF5	
21-361-VA1		21-461-R0A	21-421-TF4	
21-361-AP1		21-461-R0B	21-421-TF3	
21-361-BM3		21-461-R0C	21-421-TF2	
21-371-TF2		21-461-R01	21-421-TF1	
21-371-TF1		21-461-AP1	21-421-FT1	
21-371-FT1		21-461-AP2	21-421-VM1	
21-371-CM2		21-461-GA1	21-421-VM3	
21-371-VE1		21-461-GA2	21-421-VM5	
21-371-CM1		21-431-BN1	21-421-VM7	
21-371-CI1		21-431-BN2	21-421-VM9	
21-371-CI2		21-411-EC1	21-421-VMB	
		21-411-EC2	21-421-VMD	
		21-411-TF1	21-421-VM2	

Tabla XVIII Rutas VOSO (Cont.)

HORNOS					
RUTA 2			RUTA 3		
21-L43-MR1	21-L40-VE1	21-412-SR6	21-462-R05	21-472-VE2	21-443-CA1
21-L43-EL1	21-L41-PI1	21-412-SR4	21-462-R06	21-472-VE3	21-423-CK1
21-L43-VE1	21-481-SR1	21-412-SR5	21-462-R07	21-472-VE4	21-423-VE1
21-L43-VE2	21-480-SR2	21-412-SR8	21-462-R08	21-462-MU1	21-453-VE1
21-483-SR1	21-482-SR1	21-412-SR9	21-462-R09	21-482-AK1	21-423-FT1
21-453-SR2	21-L41-VE2	21-412-SR7	21-462-R0A	21-472-TS1	21-423-FT2
21-453-SR1	21-L41-VE1	21-442-CA1	21-462-R0B	21-472-TS2	21-423-VE2
21-L43-SH1	21-L41-MRI	21-442-2K2	21-462-R0C	21-492-TK1	21-483-VE4
21-L43-SP1	21-L41-EL1	21-442-CI1	21-462-R0D	21-481-VE1	21-473-TS1
21-L43-ED1	21-482-BP1	21-442-CI2	21-462-R0E	21-481-VE2	21-473-VE1
21-L91-AK2	21-481-BP1	21-442-CI3	21-462-R0F	21-461-MU1	21-473-VE2
21-VCO-061	21-481-TY1	21-442-CI4	21-462-R0G	21-461-VE1	21-473-BM1
21-L43-CS1	21-483-AM1	21-452-VE1	21-422-IJ1	21-482-VE1	21-473-BM3
21-L43-IA1	21-481-ED1	21-452-EC1	21-422-CA2	21-490-TK1	21-473-EL1
21-L43-BP2	21-482-AK2	21-452-VA2	21-422-CA1	21-490-VE1	21-463-SH2
21-L23-TY2	21-482-BP2	21-452-CS1	21-412-CA1	21-490-FT1	21-473-QE1
21-L43-BP1	21-482-ED1	21-452-CS2	21-412-CA3	21-490-TK2	21-473-BM4
21-L23-TY1	21-482-TY1	21-462-HR1	21-412-CA5	21-490-VE2	21-493-TP1
21-L43-TF1	21-483-UP1	21-462-AP1	21-412-BN1	21-490-FT2	21-493-CQ1
21-L43-FT1	21-422-VE2	21-462-TJ1	21-412-BN2	21-490-TK3	21-492-CQ2
21-L93-TF1	21-422-BM1	21-462-GA1	21-412-VV1	21-433-CA2	21-493-AK3
21-L43-CQ1	21-422-CK1	21-462-FR1	21-412-VV2	21-413-CA3	21-493-AK4
21-L43-CQ2	21-422-TA1	21-462-AP2	21-412-TF2	21-413-CA2	21-493-AK5
21-L93-VE1	21-422-FT1	21-462-R01	21-412-SR1	21-413-CA1	21-493-AK6
21-L21-CS3	21-422-TF4	21-462-R02	21-412-SR2	21-433-EC1	21-493-AK7
21-L21-CS2	21-422-TF5	21-462-R03	21-412-SR3	21-413-FT1	21-483-VE1
21-L21-DM1	21-422-TF6	21-462-R04	21-412-AZ1	21-423-2K1	21-483-VE2
21-L21-CS1	21-422-ED1	21-492-TK2	21-412-AZ2	21-433-BP1	21-483-VE3
21-L21-DM2	21-422-ED2	21-492-EC1	21-412-AZ3	21-433-TL1	21-493-TF1
21-L21-CS4	21-422-ED3	21-492-TK3	21-412-AZ4	21-433-AZ1	21-473-TK2
21-L41-CQ2	21-422-ED4	21-462-HR1	21-412-AZ5	21-433-AZ2	21-473-ED2
21-L41-FT1	21-422-ED5	21-482-QE1	21-412-AZ6	21-433-MU1	21-473-TK1
21-L41-TF1	21-422-ED6	21-482-VE2	21-412-AZ7	21-413-ED1	21-473-ED1
21-L41-ED1	21-422-TK4	21-482-VE3	21-412-AZ8	21-413-AZ1	21-493-TF2
21-L91-MU1	21-422-CN1	21-462-EL1	21-412-TL1	21-413-AZ2	21-413-VE1
21-L91-FT1	21-422-TK3	21-462-BM1	21-412-TY1	21-413-AZ3	21-463-2K1
21-L91-VE1	21-432-TF1	21-462-CA1	21-412-VE1	21-413-AZ4	
21-L91-TF1	21-432-BN1	21-492-TK4	21-412-FT1	21-423-EC1	
21-L21-TY2	21-432-CA1	21-461-HR1	21-412-ED1	21-423-AZ1	
21-L41-BP2	21-422-BA1	21-481-QE1	21-412-VM1	21-423-AZ2	
21-L21-TY1	21-422-BA2		21-412-BP1	21-443-FT1	
21-L41-BP1	21-422-VE1		21-412-TF1	21-443-VE1	
21-L41-CS1	21-452-CA1		21-412-EC1	21-443-VE3	
21-L41-IA1	21-442-BM1		21-412-EC2	21-451-QE1	
21-L41-SH1	21-442-VE1		21-472-EK1	21-451-QE2	
21-L41-SP1	21-442-VE2		21-472-VE1	21-443-IJ1	

Tabla XVIII Rutas VOSO (Cont.)

HORNOS			CEMENTO		
RUTA 4			RUTA 1		
21-453-PQ1	21-423-TF1	21-463-VEB	21-513-BD1	21-563-AZ2	21-533-VE7
21-463-AP3	21-423-ED4	21-463-VE2	21-513-DF1	21-563-ED2	21-533-FT6
21-463-AP4	21-423-ED5	21-463-VE3	21-513-DF2	21-563-ED3	21-563-EL3
21-463-BM1	21-423-TF2	21-463-VE4	21-513-DF3	21-593-FT1	21-533-ED2
21-463-BM2	21-423-TF5	21-463-VE5	21-513-TP3	21-563-FT2	21-533-ED1
21-463-BM3	21-423-TF4	21-463-VE6	21-533-VE3	21-593-CS1	21-533-CM3
21-463-BM4	21-423-EDA	21-463-VE7	21-533-BP4	21-593-FT1	21-533-CS4
21-463-BM5	21-423-ED9	21-463-VE8	21-533-BP2	21-593-FT2	21-533-RD3
21-463-BM6	21-423-ED8	21-463-BM9	21-533-BP3	21-593-VE2	21-533-VE8
21-463-BM7	21-423-ED7	21-463-SH1	21-533-TF2	21-593-RD1	21-533-VE9
21-463-BM8	21-423-ED6	21-443-BA1	21-533-FT3	21-593-MU1	21-533-CS3
21-463-VE9	21-423-TF3	21-443-BA2	21-533-CS1	21-593-SR1	21-533-RD2
21-463-VEC	21-483-TF9	21-453-VE2	21-533-IA1	21-593-SR4	21-533-EC1
21-463-BMC	21-483-TF8	21-463-AK1	21-533-CS5	21-593-SR5	21-533-VE4
21-463-BME	21-483-TF4		21-533-BP1	21-593-SR2	21-533-VE5
21-413-TF1	21-483-TF7		21-563-TK2	21-593-SR3	21-533-VE6
21-433-SR1	21-483-TF3		21-563-TK1	21-593-SR6	21-533-FT4
21-433-SR2	21-483-TF6		21-563-TV1	21-593-AZ1	21-533-FT5
21-413-SR1	21-483-TF2		21-563-TV1	21-593-AZ2	21-533-FT6
21-413-SR2	21-483-TF5		21-563-TV1	21-593-AZ3	21-563-FT1
21-423-SR1	21-483-TF1		21-563-311	21-593-AZ4	21-563-EL5
21-423-VE3	21-483-VE5		21-563-BM1	21-593-AZ5	21-563-SP1
21-483-AK1	21-493-VE1		21-563-BM2	21-593-AZ6	21-533-TP1
21-483-AK2	21-493-VE2		21-563-BM3	21-593-AZ7	21-513-TP5
21-473-VEL	21-463-AP1		21-563-BM4	21-593-AZ8	21-513-CM4
21-473-VEJ	21-463-AP2		21-563-BM5	21-593-AZ9	21-513-VE7
21-473-VEH	21-463-AMA		21-563-BM6	21-593-CM7	21-533-EC2
21-473-VED	21-463-AMB		21-563-BM7	21-593-CM6	21-513-FT7
21-473-VER	21-453-AM1		21-563-BM8	21-593-CM5	21-513-TP4
21-473-VEQ	21-433-CA1		21-563-MR1	21-593-CM1	21-513-VE5
21-473-VEA	21-433-CA3		21-563-AP1	21-593-CM2	21-513-FT5
21-473-VEC	21-433-CA4		21-563-EL1	21-593-CM4	21-513-EC2
21-473-VEB	21-413-351		21-563-VE2	21-593-EC1	
21-473-VEE	21-493-EC1		21-563-VE3	21-563-BMA	
21-473-VEF	21-493-VE3		21-563-SE1	21-563-BMC	
21-463-VE1	21-493-VE5		21-563-BC1	21-563-BMD	
21-473-VEI	21-443-VE2		21-563-BC2	21-563-BME	
21-473-VEK	21-433-ED1		21-563-TQ3	21-563-BMF	
21-473-VEM	21-493-TP2		21-563-BMK	21-563-IJ1	
21-473-VEN	21-493-TP3		21-563-VE1	21-563-SH1	
21-473-VEG	21-493-FT1		21-563-AH1	21-563-BMH	
21-473-VEP	21-493-FT2		21-593-VE1	21-563-BMG	
21-473-AK5	21-493-FT3		21-563-SR1	21-533-TL4	
21-423-ED1	21-493-FT4		21-563-PA3	21-533-TL3	
21-423-ED2	21-493-FT5		21-563-PA7	21-533-TF5	
21-423-ED3	21-463-VEA		21-563-AZ1	21-533-FT7	

Tabla XVIII Rutas VOSO (Cont.)

CEMENTO					
RUTA 2			RUTA 3		
21-534-CS5	21-564-BMI	21-534-CN3	21-564-ED2	21-491-353	21-571-CN1
21-534-CQ1	21-564-BMJ	21-534-VE3	21-594-SR2	21-491-352	21-571-CN2
21-K94-TY2	21-564-BMA	21-513-CM3	21-594-AZ2	31-K14-352	21-571-ED1
21-K94-TY3	21-564-BMF	21-534-CS2	21-594-FT1	21-K14-351	21-571-ED2
21-534-BP2	21-564-SH1	21-534-DX1	21-594-EC1	21-491-351	21-571-SR4
21-534-BP3	21-564-BML	21-534-RD2	21-594-VE1	21-531-BP1	21-571-VM1
21-534-BP4	21-564-BMK	21-534-FT5	21-513-CN1	21-531-BP2	21-571-VM2
21-534-FT1	21-564-IJ1	21-534-CN5	21-513-VE1	21-K91-BP2	21-571-VM3
21-534-CN1	21-534-CS4	21-534-VE5	21-513-FT2	21-K91-BP3	21-571-VM4
21-534-TF1	21-534-DX3	21-534-EC2	21-594-SR3	21-531-TY1	21-591-SR2
21-534-VE1	21-534-RD4	21-534-DX2	21-594-AZ1	21-532-BP4	21-591-AZ2
21-534-FT2	21-534-CG2	21-534-FT4	21-594-AZ3	21-531-CS1	21-591-SR1
21-534-CN2	21-534-AF2	21-534-CN4	21-594-SR1	21-531-CS2	21-591-AZ1
21-534-VE2	21-534-TL2	21-534-VE4	21-594-MU1	21-571-VE3	21-591-AZ3
21-534-IA1	21-534-BP1	21-534-EC1	21-594-MS1	21-561-BM1	21-591-SR3
21-534-CS1	21-514-TY1	21-513-EC1	21-594-CM1	21-561-BM2	21-591-SR4
21-534-RD1	21-534-CG1	21-534-FT6	21-594-SR4	21-561-CA1	21-591-SR5
21-564-BM9	21-534-AF1	21-534-VE6	21-594-CM3	21-561-BM3	21-571-TF1
21-564-EL2	21-534-TL1	21-564-GR1	21-594-AZ4	21-561-MB1	21-571-FT1
21-564-BM1	21-513-FT8	21-513-TP2	21-594-SR5	21-561-BM4	21-571-FT2
21-564-BM2	21-513-CN8	21-514-FT1	21-594-AZ5	21-561-AP1	21-571-VE1
21-564-BM3	21-513-VE8	21-514-CN1	21-594-CM2	21-561-ER1	21-571-VE2
21-564-BM4	21-564-EL3	21-514-VE1	21-594-SR6	21-561-EL1	21-591-TF1
21-564-BM5	21-564-BMG	21-513-FT6		21-561-MB1	21-590-VE1
21-564-BM6	21-564-CN1	21-513-CN6		21-561-BA1	21-591-AZ7
21-564-BM7	21-564-ED1	21-513-VE6		21-561-BA2	21-591-CS1
21-564-BM8	21-513-FT1	21-564-VE1		21-561-CM1	21-591-EC1
21-564-AP1	21-513-CN2	21-564-PA1		21-561-CM2	21-591-CM3
21-564-MR1	21-513-VE2	21-564-PA2		21-561-SR1	21-591-SR8
21-564-TK1	21-513-AF1	21-564-PA3		21-571-EC1	21-591-AZ5
21-564-QE1	21-513-TL1	21-564-PA4		21-571-AZ1	21-591-AZ6
21-564-TK2	21-534-CM2	21-564-PA5		21-571-SR1	21-591-BP1
21-513-TP1	21-534-CS3	21-564-PA6		21-571-SP1	21-591-CM2
21-564-TV1	21-534-RD3	21-564-PA7		21-571-AZ2	21-591-CM4
21-564-BC1	21-534-FT8	21-564-PA8		21-571-SR2	21-591-MU1
21-564-BC2	21-534-CN8	21-564-FT1		21-571-BP1	21-591-SR7
21-564-VE2	21-534-VE8	21-594-AZ1		21-571-AZ3	21-591-AZ4
21-564-VE3	21-564-BMH	21-594-AZ3		21-571-AZ4	21-591-SR6
21-564-SE1	21-564-SP1	21-564-CK1		21-571-SR3	21-591-CM1
21-564-CS4	21-534-TP1	21-564-SR1		21-571-CI1	
21-564-EL4	21-534-FT7	21-564-SR2		21-571-CI2	
21-564-311	21-534-CN7	21-564-AZ1		21-571-CI3	
21-564-BMB	21-534-VE7	21-564-AZ2		21-571-CI4	
21-564-BMC	21-534-CM1	21-564-AZ3		21-571-CM1	
21-564-BMD	21-514-TP1	21-564-AZ4		21-571-CM2	
21-564-BME	21-534-FT3	21-594-ED1		21-571-CM3	

Tabla XVIII Rutas VOSO (Cont.)

CEMENTO				DESPACHOS
RUTA 4		RUTA 5		RUTA 1
21-510-VA2	21-510-DX2	21-492-353	21-572-sr2	21-651-DT1
21-510-BM1	21-510-ED1	21-492-352	21-572-sr3	21-641-1W1
21-510-BM2	21-510-ED2	21-492-351	21-572-sr4	21-651-TJ1
21-510-BM3	21-510-EK1	21-532-bp1	21-592-BP1	21-651-AK4
21-510-BM4	21-510-FT1	21-k92-bp2	21-592-CM3	21-651-AK3
21-510-BM5	21-510-TF1	21-532-bp2	21-592-CM4	21-651-DT2
21-510-TZ1	21-510-FT2	21-k92-bp3	21-592-MU1	21-651-TJ2
21-510-BP1	21-510-FT3	21-532-cs1	21-592-MU2	21-651-AK6
21-510-BP2	21-510-FT4	21-572-ve3	21-592-SR1	21-651-AK5
21-510-BP3	21-510-FT5	21-562-bm1	21-592-sr4	21-641-TF2
21-510-TP1	21-510-EC1	21-562-bm2	21-592-sr5	21-641-AP5
21-510-CS2	21-510-TK1	21-562-ca1	21-592-sr3	21-641-TY2
21-510-CS4	21-510-TK2	21-562-ba1	21-592-sr2	21-610-AZ8
21-510-TK4	21-510-TK3	21-562-BA2	21-572-tf1	21-610-CM4
21-510-VE1	21-510CS5	21-562-bm3	21-572-ft1	21-6P1-311
21-510-VE2	21-510-CS6	21-572-vm4	21-572-ft2	21-6P1-VE1
21-510-VE3	21-510-FT6	21-562-AP1	21-572-ve1	21-651-CS1
21-510-VE4	21-510-FT7	21-562-er1	21-572-ve2	21-651-AK1
21-510-CA1	21-510-FT8	21-vro-049	21-592-tf1	21-651-CS2
21-510-CD1	21-510-FT9	21-572-SR1	21-592-cs1	21-651-FS1
21-510-CD2	21-510-FTA	21-572-ec1	21-592-ec1	21-651-AK2
21-510-CD3	21-510-FTB	21-572-az1	21-592-cm2	21-641-EV1
21-510-CD4	21-510-FTC	21-572-sp1	21-592-src	21-641-TJ1
21-510-CF1	21-510-FTD	21-572-az2	21-592-az8	21-641-AP4
21-510-CF2	21-510-VEA	21-572-bp1	21-592-srb	21-641-VA1
21-510-CF3	21-510-SM1	21-572-az3	21-592-cm1	21-641-TY1
21-510-CF4	21-510-SM2	21-572-AZ4	21-592-AZ1	21-651-BB1
21-510-CF5	21-510-VE6	21-572-ci1	21-592-AZ6	21-641-TF1
21-510-CM1	21-510-VE7	21-572-ci2	21-592-az7	21-621-VN1
21-510-CM2	21-510-VE8	21-572-ci3	21-592-AZ9	21-641-AP3
21-510-CM3	21-510-VE9	21-572-ci4	21-592-sr9	21-641-CN1
21-510-CM4	21-510-VEB	21-572-CM1	21-592-sra	21-641-FT1
21-510-CM5	21-510-VEC	21-572-CM2	21-590-FT1	21-641-CM1
21-510-CM6	21-510-VED	21-572-CM3	21-590-FT3	21-641-VE1
21-510-CN1	21-510-VEE	21-572-CN1	21-590-FT4	21-641-CW1
21-510-CN2	21-510-VEF	21-572-CN2	21-590-FT5	21-641-AP2
21-510-CR1	21-510-VM1	21-572-ED1	21-590-FT6	21-641-EC1
21-510-CR2	21-510-VM2	21-572-ED2	21-590-FT7	21-641-AP1
21-510-CR3	21-510-VM3	21-572-vm1	21-590-FT8	
21-510-CR4	21-510-VM4	21-572-vm2	21-590-FT9	
21-510-CS1	21-510-VM5	21-572-vm3		
21-510-DM1	21-510-VM6	21-562-mb1/m01		
21-510-DM2	21-510-VM7	21-592-az2		
21-510-DM3	21-510-VM8	21-592-az3		
21-510-DM4	21-510-VM9	21-592-az4		
21-510-DX1		21-592-az5		

Definición de rutas y procedimientos

Tabla XVIII Rutas VOSO (Cont.)

DESPACHOS		DESPACHOS			
RUTA 2		RUTA 3		RUTA 4	
21-652-DT1	21-642-AP2	21-653-RIF	21-643-BN1	21-654-RIE	21-644-EV1
21-652-AK3	21-642-EC1	21-653-RIE	21-643-VE1	21-654-RID	21-644-TL1
21-652-AK4	21-642-AP1	21-653-RID	21-643-CN1	21-654-RIC	21-644-AP3
21-652-AK5	21-610-TF1	21-653-RIC	21-643-ED1	21-654-RIB	21-644-BN1
21-652-DT2	21-610-AP3	21-653-RIB	21-643-TJ1	21-654-RIA	21-644-AA1
21-652-BM1	21-610-AZ7	21-653-RIA	21-643-CM1	21-654-RI9	21-610-VM1
21-652-BM2		21-653-BB1	21-643-CV1	21-654-RI8	21-644-TJ1
21-652-AK8		21-653-PZ3	21-643-FT1	21-654-PZ3	21-644-CN1
21-652-AK9		21-653-BN1	21-643-UP1	21-654-BN1	21-644-ED1
21-652-AKA		21-653-CA1	21-6P3-311	21-654-SH1	21-644-AK2
21-642-TF2		21-653-SH1	21-643-VE2	21-644-TF3	21-644-AK3
21-642-AP5		21-643-TF2	21-643-EC1	21-644-TF2	21-644-CM1
21-642-TY2		21-643-TF1	21-610-AZ4	21-644-TF1	21-644-CW1
21-610-AZ9		21-653-PZ1	21-610-AZ3	21-6P0-UP1	21-644-FT1
21-610-VA5		21-653-PZ2	21-610-DF2	21-6P0-VE1	21-6P4-311
21-6P2-311		21-653-RI2	21-610-AZB	21-644-TR1	21-644-VE1
21-652-CS1		21-653-RI3	21-610-CM1	21-654-PZ1	21-651-GR1
21-652-AK1		21-653-RI4	21-610-CM2	21-673-CA1	21-644-FT2
21-652-CS2		21-653-RI5	21-610-CM3	21-654-BB1	21-644-VE2
21-652-AK2		21-653-RI6	21-610-CM5	21-654-PZ2	21-644-UP1
21-652-VE1		21-653-RI7	21-610-CM7	21-654-RI2	21-644-VE3
21-652-CY1		21-653-RI8	21-610-VA1	21-654-RI3	21-644-EC1
21-652-AK6		21-653-RI9	21-610-VA2	21-654-RI4	21-644-AZ1
21-652-AK7		21-653-CS5	21-610-VA3	21-654-RI5	21-644-SR1
21-652-CY2		21-653-CS4	21-610-VA4	21-654-RI6	21-610-EC2
21-652-AKB		21-653-CS3	21-610-VA6	21-654-RI7	21-610-AP4
21-652-AKC		21-653-TW1	21-610-AZ2	21-654-AKA	21-610-AP5
21-652-FS1		21-653-CS2	21-610-AZ1	21-654-AKB	21-610-AZF
21-652-BB1		21-653-RI1	21-610-DF1	21-654-CS5	21-610-AZG
21-642-EV1		21-653-CS1	21-610-SR2	21-654-CS4	21-610-AZH
21-642-TJ1		21-643-RI2	21-610-CN1	21-654-CS3	21-610-SRM
21-642-1W1		21-643-RI1	21-610-VE1	21-654-TW1	21-610-DF3
21-642-CM1		21-643-AKA	21-610-FT1	21-654-CS2	21-610-CM6
21-642-AP4		21-643-AKB	21-610-EC1	21-654-RI1	21-610-AZ5
21-642-VA1		21-643-LS1	21-610-AZ6	21-654-CS1	21-610-CM8
21-642-TY1		21-643-CS1	21-643-CD1	21-644-RI2	21-610-AZA
21-642-TF1		21-643-AA1	21-643-AZ1	21-644-RI1	21-610-SRK
21-642-AP3		21-643-AA2	21-643-SR1	21-644-RI3	21-610-DF4
21-642-CN1		21-643-AA3	21-643-VE4	21-644-LS1	21-610-VA7
21-642-FT1		21-643-EV1	21-643-VE5	21-644-BW1	21-644-VE4
21-642-VE1		21-643-CN2	21-643-VE6	21-644-CS1	21-644-VE5
21-642-VE1/M01		21-643-AK4	21-643-VE7	21-610-VC0/019	21-644-VE6
21-642-CW1		21-643-TL1	21-643-VE8	21-644-AA2	21-644-VE7
		21-643-AP3	21-643-VE9	21-644-AA3	21-644-VE8
					21-644-VE9

Tabla XVIII Rutas VOSO (Cont.)

DESPACHOS		CALERA		
RUTA 5	RUTA 6	RUTA 1		
21-621-BW1	21-601-311	22-411-AP1	22-431-CM3	22-481-BC5
21-622-ES1	21-602-311	22-411-AP2	22-431-CM4	22-481-BC6
21-622-SA1	21-603-351	22-411-AP4	22-431-TL1	22-481-BC7
21-621-CG1	21-610-311	22-411-AV1	22-431-TY1	22-481-IN1
21-621-AK1	21-610-SRT	22-411-AV2	22-451-BC1	22-481-IN2
21-621-CM1	21-610-SRH	22-411-AV3	22-451-BC2	22-481-IN3
21-621-FT1	21-610-SR9	22-411-CS1	22-451-TQ1	22-481-IN4
21-621-VE1	21-610-SR1	22-411-CS2	22-461-311	22-481-KV1
21-590-FT2	21-610-SRF	22-411-CS3	22-461-312	22-481-LM1
21-590-TF1	21-610-SRA	22-411-CV1	22-461-CD1	22-481-LM2
21-590-VE2	21-610-SRD	22-411-DX1	22-461-CD1/U01	22-481-RT1
21-622-BW1	21-610-SR3	22-411-EL1	22-461-CD2	22-481-RT2
21-622-CG1	21-610-SRJ	22-411-SM1	22-461-CM1	22-481-TQ1
21-622-SR2	21-610-SRC	22-481-SR1	22-461-CM2	22-481-VA1
21-622-AZ1	21-610-SRE	22-481-SR2	22-461-CM3	22-481-VE1
21-622-VA1	21-612-SR1	22-461-SR1	22-461-CM4	22-501-VE1
21-622-CM1	21-610-SR4	22-461-SR2	22-461-CM5	22-531-AV1
21-612-TY1	21-610-SR5	22-461-SR3	22-461-CM6	22-531-CS1
21-622-AK2	21-610-SRB	22-481-SR3	22-461-CM7	22-531-CS2
21-622-VA2	21-621-SR1	22-481-SR4	22-461-CM8	22-531-ED1
21-622-FT1	21-610-SRI	22-461-RT1	22-461-CM9	22-531-FT1
21-622-VE1	21-622-SRI	22-461-BM1	22-461-CMA	22-531-FT2
21-612-CN2	21-610-SRN	22-461-BM2	22-461-EL1	22-531-TS1
21-612-FT2	610-SR3/022	22-561-MB1	22-461-EL2	22-531-VE1
21-612-VE2	610-SRJ/023	22-561-AP3	22-461-FT1	22-531-VE2
21-612-AZ1	610-SR7/024	22-641-BN1	22-461-HV1	22-541-351
21-612-SR2	610-SR9/026	22-641-BN2	22-461-SH1	22-541-AP3
21-612-AP1	21-610-ES1	22-641-BN3	22-461-TF1	22-541-AP4
21-612-AP2	21-610-ES2	22-641-BN4	22-461-TF2	22-541-AP5
21-612-EC1	21-610-ES3	22-481-BC1	22-461-TF3	22-541-CS1
21-612-CM1	21-610-ES4	22-481-BC2	22-461-VE1	22-541-EC1
21-612-VA1	21-610-ES5	22-481-BC3	22-461-VE2	22-541-EC2
21-612-CN1	21-610-ES6	22-481-BC4	22-461-VM1	22-541-FT1
21-612-FT1	21-610-ES7	22-411-AP3	22-471-CM1	22-541-FT2
21-612-VE1	21-610-ES8	22-541-BA1	22-471-CM2	22-541-HY1
21-622-SR1	21-610-ES9	22-541-VE2/M01	22-471-CM3	22-541-RT1
21-621-311	21-610-SA1	22-641-VE1/M01	22-481-311	22-541-TF1
21-622-311	21-610-SA2	22-561-AP1	22-481-312	22-541-VE1
21-621-CN1	21-610-SA3	22-611-AP1	22-481-AH1	21-561-TF4
21-621-DC1	21-610-SRG	22-591-AP1	22-481-AH2	22-561-SP1
21-621-DF1	21-610-UP1	22-541-AP1	22-481-AH3	22-561-TF1
21-621-FT2	21-610-SR6	22-541-AP2	22-481-AH4	22-561-TF2
21-621-KA1	21-610-SR7	22-421-CM1	22-481-BA1	22-561-TF3
21-621-MU1	21-610-SR8	22-421-CM2	22-481-BA2	22-561-TJ1
21-621-VA1		22-431-CM1	22-481-BA3	22-591-351
21-621-VM1		22-431-CM2	22-481-BA4	22-591-352

Tabla XVIII Rutas VOSO (Cont.)

CALERA			
RUTA 1 (Cont.)			
22-591-EC1	22-611-TF6	22-641-CW1	22-651-DT1
22-591-FT1	22-611-TF7	22-641-EV1	22-651-LS1
22-591-FT2	22-611-TF8	22-641-FT1	22-651-R11
22-591-TF1	22-611-TF9	22-641-TFA	22-D30-CA1
22-611-TF1	22-621-AZ1	22-641-TFB	22-D30-CA2
22-611-TF2	22-641-AK1	22-641-TL1	22-F70-351
22-611-TF3	22-641-AK2	22-641-TY1	22-F70-352
22-611-TF4	22-641-AP1	22-651-CS1	
22-611-TF5	22-641-CV1	22-651-CS2	

2.1.2. Inspecciones visuales

Para las inspecciones visuales se cuenta con una lámpara estroboscópica la cual se ajusta a las revoluciones del equipo y así se puede apreciar la condición de poleas, fajas, cuñas y aquellos equipos móviles que necesitan ser observados cuando están en operación.

Además se cuenta con una cámara fotográfica digital para guardar información de algunas apreciaciones especiales.

Los procedimientos se indican el su clave modelo, la cual se puede ver a continuación. Para el uso correcto del equipo consultar manual respectivo.

Figura 17 Diagrama de lámpara estroboscópica

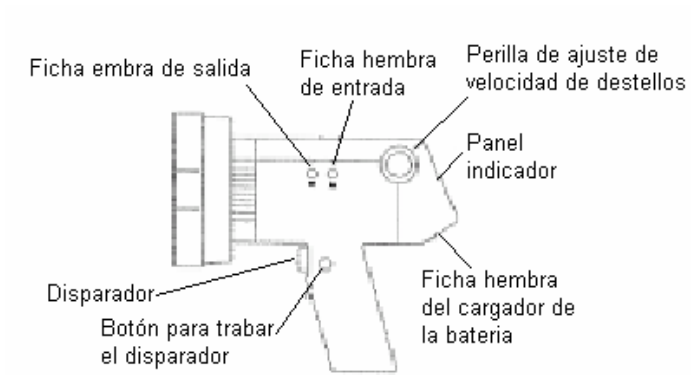


Figura 18 Inspección visual con lámpara estroboscópica



Figura 19 Clave modelo inspecciones visuales

CLAVE MODELO	INSPECCIONES VISUALES
Esta técnica se realiza con el equipo en marcha.	
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección • Lentes protectores • Mascarilla, botas (punta de acero y suela antideslizante), tapones para oídos (si el ruido es excesivo)
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en marcha • Tener cuidado con las partes rotatorias • Reportar (crear aviso) de equipos sin cobertor
Indicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Lámpara estroboscopia • Transportar la lámpara en estuche protector • Ajustar las revoluciones de la toma a las del equipo analizado • En fajas ver; grietas, aflojamiento, posición incorrecta • En poleas ver; tornillos de fijación, fisuras y desgaste, desalineamiento, desplazamiento sobre eje, posición de cuñas • En acoples; fijación, desgaste de amortiguador • En motores revisar el ventilador de enfriamiento
<p>Anomalías encontradas Crear AVISO M2 en el sistema. Avisar a encargado del área o a control central.</p>	

Tabla XIX Rutas de inspecciones visuales

DESPACHO		CALERA		TRITURACIÓN		HARINA CRUDA	
RUTA 1		RUTA 1		RUTA 1		RUTA 1	
21-610-SRT	21-610-SR6	22-461-SR3/M01	21-211-TB1	21-323-BM1			
21-610-SRH	21-621-SR1	22-461-SR1/M01	21-212-TG1	21-323-BM2			
21-610-SR9	21-610-SRI	22-461-SR2/M01	21-292-TG1	21-323-BMG			
21-610-SR1	21-622-SR1	22-481-SR1/M01		21-323-BMA			
21-610-SRF	21-610-SRN	22-481-SR2/M01		21-323-BM3			
21-610-SRA	21-610-SR3/022	22-481-SR1		21-361-BM1			
21-610-SRD	21-610-SR5/023	22-481-SR2		21-361-BM2			
21-610-SR3	21-610-SR7/024	22-461-SR1		21-361-BM3			
21-610-SER	21-610-SR9/026	22-461-SR2		21-362-BM1			
21-610-SRJ	21-641-EC1	22-461-SR3		21-362-BM2			
21-610-SRB	21-642-EC1	22-481-SR3		21-362-BM3			
21-610-SRC	21-612-EC1	22-481-SR4		21-371-VE1			
21-612-SR1	21-610-EC1	22-531-TS1		21-323-BMB			
21-610-SR5	21-610-EC2			21-323-BMC			
	21-643-EC1			21-323-BMD			
	21-644-EC1			21-323-BME			
	21-610-SR2						
	21-610-SR4						
	21-610-SR8						
HORNOS			CEMENTO				
RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3		
21-411-SR4	21-482-SR1	21-473-VEL	21-563-BMA	21-564-BMA	21-571-VE3		
21-411-SR5	21-480-SR2	21-473-VEJ	21-563-BMB	21-564-BMB	21-572-VE3		
21-411-SR6	21-481-SR1	21-473-VEH	21-563-BMC	21-564-BMC	21-571-VE1		
21-411-SR7	21-483-SR1	21-473-VED	21-563-BMD	21-564-BMD	21-572-VE1		
21-411-SR8	21-453-SR2	21-473-VEA	21-563-BME	21-564-BME	21-571-VE2		
21-411-SR9	21-453-SR1	21-473-VEC	21-563-BMF	21-564-BMF	21-572-VE2		
21-411-VE3	21-483-VE5	21-473-VEB	21-563-BMK	21-564-BML	21-561-BM1		
21-421-VE3	21-493-VE1	21-473-VEE	21-563-BM1	21-564-BM1	21-562-BM1		
	21-493-VE2	21-473-VEF	21-563-BM2	21-564-BM2	21-561-BM2		
	21-L41-VE1	21-473-VEI	21-563-BM3	21-564-BM3	21-562-BM2		
	21-L43-VE1	21-473-VEK	21-563-BM4	21-564-BM4			
	21-412-SR3	21-473-VEM	21-563-BM5	21-564-BM5			
	21-412-SR6	21-473-VEN	21-563-BM6	21-564-BM6			
	21-412-SR4	21-473-VEG	21-563-BM7	21-564-BM7			
	21-412-SR5	21-433-CA2	21-563-BM8	21-564-BM8			
	21-412-SR8	21-433-CA1	21-563-EL3	21-564-EL3			
	21-412-SR9	21-413-CA3	21-563-EL5	21-564-EL5			
	21-412-SR7	21-413-CA2	21-533-ED1	21-564-BMK			
	21-412-VE1	21-413-CA1					
		21-423-VE2					
		21-423-VE3					
		21-443-VE2					
		21-443-VE3					

2.2. Programación de mediciones, definición de rutas y procedimientos

2.2.1. Vibraciones

En la planta se cuenta con recolectores dataPac 1500, que sirven para medir el nivel de vibración en los equipos, y el *software* E-monitor el cual se utiliza para el procesamiento y análisis de la información.

El colector de datos dataPac 1500, permite recopilar datos de magnitud, de espectro, de tiempo y de fase, los datos se recopilan por ubicación, definidas en una lista (ruta), sin embargo también se pueden hacer mediciones fuera de ruta.

Las máquinas a las cuales se les hacen las mediciones de vibraciones, tienen puntos marcados en donde se colocan los sensores, según la ruta cargada al colector de datos, éste va indicando el punto correspondiente a medir. En el E-monitor se definen las rutas, es decir las listas de equipos los cuales están integrados al programa de mediciones de vibraciones, los puntos a monitorear y los tipos de mediciones, estas rutas son cargadas al recolector de datos y así se hacen las mediciones respectivas. Luego de haberse recolectado la información es descargada en el E-monitor en donde es procesada para la creación de espectros, hacer el análisis y comparación con las alarmas correspondientes a cada equipo.

Figura 20 Menú principal Data PAC 1500

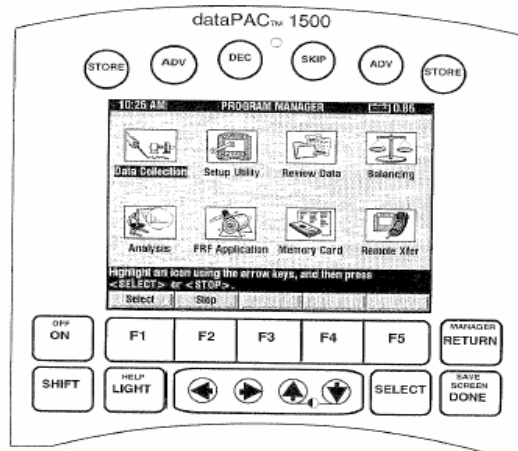


Figura 21 Medición de vibración



Fig. 22 clave modelo vibraciones

CLAVE MODELO	VIBRACIONES
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección • Lentes protectores • Mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Taponos para oídos(si el ruido es excesivo)
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en marcha • Tener el cuidado que el cable del sensor quede fuera del alcance de las partes rotatorias • Crear aviso de equipos sin guardas.
Indicaciones	
Lectura de vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Cargar ruta de E-monitor hacia DATA-PAC • Tomar lectura según listado de ruta • En cada toma limpiar el punto indicado en el equipo para cada posición • Colocar el sensor en forma correcta • Al terminar ruta descargar en E-monitor • Poner a cargar batería
Análisis de vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Imprimir reporte de excepción • Revisar de los que estén en alarma; los espectros y tendencias • Verificar en caso de que exista alguna duda en toma de vibraciones
Análisis de temperaturas	<ul style="list-style-type: none"> • Imprimir reporte de excepción • Revisar de los que estén en alarma las tendencias • Verificar en caso de que exista alguna duda en toma de temperatura
<p>Anomalías encontradas Crear AVISO M2 en el sistema Avisar a encargado del área o a control central</p>	

Tabla XX Rutas de vibraciones

TRITURACIÓN			HARINA CRUDA		
RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3
21-211-CA1	21-212-4Q1	21-292-CS1	21-311-AK1	21-323-ED5	21-323-BMA
21-211-VE2	21-212-BA3	21-292-CS3	21-311-AK3	21-393-SR1	21-323-BMB
21-211-DP2	21-212-TG1	21-292-CS4	21-311-AK2	21-323-ED1	21-323-BMC
21-211-RD2	21-212-BM1	21-292-VE1	21-311-BM1	21-323-ED2	21-323-BMD
21-211-DP1	21-212-CS1	21-292-CS2	21-311-AK5	21-393-SR2	21-323-BME
21-211-RD1	21-212-CA1	21-292-CV1	21-311-TK1	21-323-ED3	21-323-MR1
21-211-TB1	21-212-CS2	21-292-TG1	21-311-AK4	21-323-ED4	21-323-BMG
21-211-BM1	21-212-CS3	21-292-VE2	21-311-CS1	21-323-VE3	21-323-VE2
21-211-CS1	21-212-CS4	21-292-BM1	21-313-BP3	21-323-BM3	21-323-BA1
21-211-BM3	21-292-CS5	21-292-BA1	21-313-BP4	21-323-BM4	21-323-BA2
21-211-CS2	21-292-CS6	21-292-BA2	21-313-BP1	21-323-BM5	21-393-VE1
21-211-VE1	21-292-CS7	21-292-BA3	21-313-BP2	21-323-BM6	21-393-TF1
21-291-VE1	21-K12-CS1	21-212-BA1	21-313-CS6	21-323-BM7	21-393-SR4
21-291-SH1	21-292-VE3	21-212-BA2	21-313-CS1	21-323-BM8	21-393-SR5
21-291-AK1	21-313-CS4	22-391-CS1	21-323-EC1	21-323-BM9	21-393-EC1
21-291-AK2	21-313-CS5	21-K22-CS1	21-313-CS2	21-323-BM2	
21-291-AK5	21-212-DP1	21-K12-CS2	21-313-CS3	21-323-BM1	
21-292-AK6	21-212-DP2	21-K93-CS1	21-323-VE1		
21-291-AK3	21-212-DP3	21-K94-CS1	21-323-EL3		
21-291-AK4	21-212-DP4	21-K94-CS2	21-323-SP1		
21-291-CS1	21-212-CS5				
HARINA CRUDA			HORNO		
RUTA 4	RUTA 5	RUTA 6	RUTA 1	RUTA 2	
21-392-CA1-2	21-391-BN1	21-311-BP1	21-411-SR5	21-421-VE2	
21-362-BM1	21-391-CA1	21-311-BP2	21-411-SR6	21-421-VE2/M02	
21-392-BN1	21-361-BM1	21-311-CS5	21-411-SR4	21-421-VE3	
21-392-BN2	21-361-BM2	21-311-BP3	21-411-SR8	21-421-VE1/M02	
21-372-VE2	21-371-SR1	21-311-CS6	21-411-SR9	21-421-VE1	
21-372-SR1	21-371-VE2	21-311-BP5	21-411-SR3	21-431-BN1	
21-362-BM2	21-361-AP1	21-311-BP4	21-411-SR1	21-431-BN2	
21-372-SR2	21-361-BM3	21-312-BP1	21-411-SR2	21-461-HR1/M/R	
21-362-AP1	21-371-TF2	21-312-CS1	21-431-CA1	21-481-VE1	
21-362-BM3	21-311-CS4	21-312-BP2	21-411-CA4	21-471-TS1	
21-372-TF2	21-311-CS3	21-312-BP3	21-411-CA3		
21-372-AK1	21-371-TF1	21-312-BP5	21-411-CA2		
21-372-AK2	21-371-AK1	21-312-BP4	21-411-CA1		
21-372-TF1	21-371-AK2	21-312-CS3			
21-372-VE1	21-371-SR2	21-392-SR1			
21-372-SP1	21-371-VE1	21-392-SR2			
21-372-EC1	21-371-EC1				
21-312-CS5	21-371-SP1				
21-312-CS4					

Tabla XX Rutas de vibraciones (Cont.)

HORNOS					
RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5	RUTA 6	RUTA 7	RUTA 8
21-421-TF1	21-492-EC1	21-422-VE2	21-412-SR3	21-412-CA1	21-490-TK1
21-421-TF2	21-492-TK2	21-422-BM1	21-412-SR6	21-412-CA2	21-490-VE1
21-421-TF3	21-492-TK4	21-422-TF6	21-412-SR4	21-412-CA3	21-490-TK2
21-421-TF4	21-491-TK4	21-422-TF4	21-412-SR5	21-412-CA4	21-490-TK3
21-421-TF5	21-491-TK3	21-422-TF5	21-412-SR8	21-412-CA5	21-493-TP2
21-411-TF1	21-491-EC1	21-422-TK3	21-412-SR9	21-412-BN1	21-490-VE2
21-421-BA1	21-491-EC2	21-422-TK4	21-412-SR7	21-412-BN2	21-492-TK1
21-421-BA2		21-432-TF1	21-452-VE1	21-412-SR1	21-491-TK1
21-421-CA1		21-432-BN1		21-412-SR2	21-491-TK2
21-421-CA2		21-432-CA1		21-412-VE1	
21-431-AM1		21-422-VE1		21-412-BP1	
21-411-SR7		21-422-BA1		21-412-TF1	
21-451-VE1		21-422-BA2		21-412-EC1	
21-411-VE3		21-422-CA1		21-412-EC2	
21-411-EC1		21-422-CA2			
21-411-EC2		21-462-HR1/M/R			
		21-472-TS1			
		21-472-TS2			
		21-482-VE1			
HORNOS					
RUTA 9	RUTA 10	RUTA 11	RUTA 12	RUTA 13	RUTA 14
21-423-EC1	21-473-VEL	21-433-EC1	21-483-VE1	21-473-BM1	21-463-VE1
21-423-SR1	21-473-VEJ	21-433-ED1	21-483-VE2	21-473-BM2	21-463-VE2
21-423-VE3	21-473-VEH	21-433-SR2	21-483-VE3	21-473-BM3	21-463-VE3
21-413-SR2	21-473-VED	21-443-VE3	21-483-TF9	21-473-BM4	21-463-VE4
21-413-SR1	21-473-VEA	21-413-VE1	21-483-TF8	21-473-TK1	21-463-VE5
21-433-BP1	21-423-VE2	21-413-TF1	21-483-VE5	21-473-ED1	21-463-VE6
21-433-SR1	21-473-VER	21-443-BA1	21-483-TF5	21-473-TK2	21-463-VE7
21-433-CA2	21-473-VEQ	21-443-BA2	21-483-TF2	21-473-ED2	21-463-VE8
21-433-CA1	21-473-VEC	21-453-VE2	21-483-TF6	21-493-TF2	21-463-VE9
21-413-CA3	21-473-VEB	21-463-HR1/M01/R	21-483-TF3	21-493-TF1	21-463-VEA
21-413-CA2	21-473-VEE	21-463-HR1/M02/R	21-483-TF4		21-463-VEB
21-413-CA1	21-473-VEF	21-463-BMB	21-483-TF7		
21-443-VE2	21-463-VE1	21-463-BMA	21-483-TF1		
	21-473-VEI	21-463-BM9	21-483-VE4		
	21-473-VEK	21-423-VE1	21-423-TF1		
	21-473-VEM	21-443-VE1	21-423-TF2		
	21-473-TS1		21-423-TF5		
	21-473-VEN		21-423-TF4		
	21-473-VEG		21-423-TF3		
	21-493-VE1				
	21-473-VEP				
	21-453-VE1				

Tabla XX Rutas de vibraciones (Cont.)

HORNOS				CEMENTO	
RUTA 15	RUTA 16	RUTA 17	RUTA 18	RUTA 1	RUTA 2
21-493-EC1	21-L41-BM1	21-482-SR1	21-L21-CS1	21-563-MR1/M	21-533-CS1
21-493-VE3	21-L41-SP1	21-480-SR2	21-L21-BA1	21-563-BM1	21-563-TK2
21-493-VE4	21-L41-CS1	21-481-SR1	21-L21-CS2	21-563-BM2	21-563-TK1
21-493-TP3	21-L43-CS1	21-483-SR1	21-L21-BM1	21-563-BM3	21-563-VE2
21-493-VE5	21-L43-BM1	21-453-SR2	21-L21-CS4	21-563-BM4	21-563-VE3
21-493-TP1	21-L43-SP1	21-453-SR1	21-L21-CS3	21-563-BM5	21-563-BMK
21-493-VE2	21-L43-MR1	21-453-AM1	21-L93-VE1	21-563-BM6	21-563-VE1
	21-L43-BM2	21-483AM1	21-L43-TF1	21-563-BM7	21-563-EL3
	21-L43-VE1	21-482-BP1	21-L43-ED1	21-563-BM8	21-533-ED2
	21-L43-VE2	21-481-BP1	21-L93-TF1	21-563-BMA	21-533-ED1
	21-L41-VE2		21-L41-ED1	21-563-BMB	21-533-EC1
	21-L41-VE1		21-L91-TF1	21-563-BMC	21-563-EL5
	21-L41-MR1		21-L41-TF1	21-563-BMD	21-563-SP1
	21-L41-BM2		21-L91-VE1	21-563-BME	21-533-EC2
	21-L40-VE1		21-L41-BP1	21-563-BMF	21-513-EC2
			21-L41-BP2	21-563-BMH	21-513-EC1
			21-L43-BP2	21-563-BMG	21-593-CS1
			21-L43-BP1		21-593-EC1
CEMENTO					
RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5	RUTA 6	RUTA 7	
21-534-CS1	21-564 -BMA	21-531-BP1	21-563-IJ1	21-590-VE3	
21-564-TK2	21-564 -BMB	21-531-BP2	21-533-BP1	21-590-VE4	
21-513-TP1	21-564 -BMC	21-531-BP3	21-533-BP2	21-590-VE5	
21-564-BM1	21-564- BMD	21-531-BP4	21-533-BP3	21-590-VE6	
21-564-BM2	21-564 -BME	21-531-BP5	21-533-BP4	21-590-VE7	
21-564-BM3	21-564 -BMF	21-532-BP1	21-534-BP3	21-590-VE8	
21-564-BM4	21-564 -BML	21-532-BP2	21-534-BP4	21-590-VE9	
21-564-BM5	21-564-BMK	21-532-BP3	21-534-BP1	21-593-SR1	
21-564-BM6	Rodillos molino	21-532-BP4		21-593-SR2	
21-564-BM7	21-564-BMG	21-532-BP5		21-593-SR3	
21-564-BM8	21-564-ED2			21-593-SR4	
21-564 MRI/M	21-564-ED1			21-593-SR5	
21-564-TK1	21-564-BMH			21-593-SR6	
21-564-VE2	21-564-SP1/M				
21-564-VE3	21-534-CS3				
	21-534-CS2				
	21-534-TP1				
	21-514-TP1				
	21-534-EC2				
	21-513-TP2				
	21-534-EC1				
	21-594-EC1				
	21-564-VE1				

Tabla XX Rutas de vibraciones (Cont.)

CEMENTO		DESPACHOS		CALERA	
RUTA 8	RUTA 9	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 1	RUTA 2
21-510-EC2	21-510-TZ1	21-612-EC1	21-610-SRT	22-461-SR3	22-411-CS3
21-510-EC1	21-510-TK4	21-612-VE2	21-610-SRH	22-461-SR2	22-541-EC1
21-531-CS1	21-510-TP1	21-641-EV1	21-610-SR9	22-461-SR1	22-541-EC2
21-561-BM1	21-510-VE1	21-641-CW1	21-610-SR1	22-481-SR2	22-591-EC1
21-561-BM2	21-510-VE2	21-641-VE1	21-610-SRF	22-481-SR1	22-561-EC1
21-562-BM1/M01	21-510-VE3	21-641-EC1	21-610-SRA	22-481-SR4	22-561-SP1/M01
21-562-BM2/M01	21-510-VE4	21-642-EC1	21-610-SRD	22-481-SR3	22-541-VE2/M01
21-531-CS2	21-571-SP1	21-642-VE1	21-610-SR3	22-461-BM1	22-611-EC1
21-532-CS1	21-561-AP1	21-642-CW1	21-610-SER	22-461-BM2	22-641-VE1/M01
21-571-EC1	21-562-AP1	21-642-EV1	21-610-SRJ	22-561-MB1	22-641-AK1
21-572-VE1	21-571-VE3	21-610-EC1	21-610-SRB	22-561-AP3	22-641-AK2
21-571-VE1	21-572-VE3	21-610-EC2	21-610-SRC	22-541-BA1	22-641-BN1
21-572-EC1		21-610-VE1	21-612-SR1	22-481-BC1	22-641-BN2
21-571-VE2		21-653-SH1	21-610-SR5	22-481-BC2	22-641-BN3
21-572-VE2		21-653-SH1/M01	21-610-SR6	22-481-BC3	22-641-BN4
21-591-CS1/M01		21-653-PZ1	21-621-SR1	22-481-BC4	22-531-TS1
21-591-EC1		21-643-AA3	21-610-SRI		
21-592-EC1		21-643-VE1	21-622-SR1		
		21-643-EV1	21-610-SRN		
		21-643-BN1	21-610-SR3/022		
		21-644-EV1	21-610-SR5/023		
		21-644-VE2	21-610-SR7/024		
		21-644-BN1	21-610-SR9/026		
		21-643-CV1	21-610-VE2		
		21-644-CV1			
		21-643-EC1			
		21-644-EC1			
		21-644-AA3			
		21-654-PZ1			
		21-654-SH1			
		21-654-SH1/M01			
		21-644-TF1			
		21-644-TF2			
		21-644-TF3			

2.2.2. Temperatura

Las mediciones de temperaturas se realizan mediante el uso de un termómetro infrarrojo. Este instrumento mide la intensidad de la radiación infrarroja que parte del objeto medido y calcula a base de la misma, la temperatura superficial de este.

Se pueden ajustar las alarmas máximas y mínimas a las que puede funcionar un equipo, cuando se rebasan estas alarmas hay indicadores que alertan. Para el uso correcto del equipo consultar manual respectivo.

Figura 23 Termómetro Infrarrojo Raytek



Figura 24 Medición de temperatura



Figura 25 Clave modelo temperatura

CLAVE MODELO	TEMPERATURA
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección • Lentes protectores • Mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos (si el ruido es excesivo)
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en marcha. • Tener cuidado con las partes rotatorias. • Crear aviso de equipos sin guardas.
Indicaciones	
Lectura de temperaturas	<ul style="list-style-type: none"> • Cargar ruta de IR-graph hacia Raytek • Tomar lectura según listado de ruta • Hacer en la toma un barrido del área a tomar • Al terminar ruta descargar en IR-graph • Grabar ruta tomada en IR-graph • Copiar a porta papeles y pasar la ruta a un excel • Escoger temperatura promedio • Ingresar datos manualmente a base de datos de temperaturas en E-monitor, en los equipos críticos afectos a SAC ingresarlos a la red en área correspondiente
<p>Anomalías encontradas Crear AVISO M2 en el sistema Avisar a encargado del área o a control central</p>	

Figura 26 Clave modelo temperatura hornos

CLAVE MODELO	TEMPERATURA HORNOS
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección • Lentes protectores • Mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos (si el ruido es excesivo)
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en marcha • Tener cuidado con las partes rotatorias • Crear aviso de equipos sin guardas
Indicaciones	
Lectura de temperaturas	<ul style="list-style-type: none"> • Imprimir formato SAC-SM-MM-FO-07 para horno 1 y 2 • Imprimir formato SAC-SM-MM-FO-08 para horno 3 • Tomar lectura de temperaturas y presiones según formato • Pedir datos a Control Central (revoluciones, carga, porcentaje de carga). • Ingresar datos manualmente a formato SAC en la red
Presiones máxima en rodos tope	<ul style="list-style-type: none"> • Horno 1 650 psi • Horno 2 40 bar • Horno 3 60 bar
<p>Anomalías encontradas, Crear AVISO M2 en el sistema Avisar a encargado del área o a control central</p>	

Tabla XXI Rutas de temperaturas

TRITURACIÓN					HARINA CRUDA
RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5	RUTA 1
21-211-CA1	21-313-CS1	21-212-4Q1	21-292-CS5	21-292-CV1	21-311-AK1
21-211-VE2	21-211-EE1	21-212-BA3	21-292-CS6	21-292-CV1/S	21-311-AK3
21-211-RD2	21-211-EL1	21-212-TG1	21-292-CS7	21-292-TG1	21-311-AK2
21-211-DP2	21-211-CS2	21-212-EL1	21-K12-CS1	21-292-EL1	21-311-BM1
21-211-DP1	21-211-VE1	21-212-CS1	21-292-VE3	21-292-VE2	21-311-AK5
21-211-RD1	21-291-VE1	21-212-CA1	21-313-CS4	21-292-BA1	21-311-AK4
21-211-TB1	21-291-SH1	21-212-CS2	21-313-CS5	21-292-BA2	21-311-TK1
21-211-SH1	21-291-AK1	21-212-CS3	21-292-CS1	21-292-BA3	21-311-CS1
21-211-CS1	21-291-AK2	21-212-CS4	21-292-CS3	21-K22-CS1	21-313-BP3
21-211-SH2	21-291-AK3	21-212-DP1	21-292-CS4	21-K12-CS2	21-313-BP4
	21-291-AK4	21-212-DP2	21-292-VE1	21-K93-CS1	21-313-VE1
	21-291-AK5	21-212-DP3	21-292-CS2	21-K94-CS1	21-313-BP2
	21-291-AK6	21-212-DP4		21-K94-CS2	21-313-CS6
	21-291-CS1	21-212-CS5			21-313-VE3
					21-313-BP1
					21-313-VE5
HARINA CRUDA					
RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5	RUTA 6	RUTA 7
21-313-CS1	21-393-SR3	21-323-BM7	21-392-CA1-2	21-362-MB1/MO1	21-391-BN1
21-313-VE4	21-323-VE3	21-323-BM8	21-392-BM1	21-362-AP1	21-391-CA1
21-313-IA1	21-323-VE2	21-323-BM9	21-392-BM2	21-362-BM3	21-361-BM1
21-313-CS2	21-323-BMH	21-323-BM2	21-392-BN1	21-362-MB1	21-361-BM2
21-323-EC1	21-323-BMG	21-323-BM1	21-392-BN2	21-372-TF2	21-371-SR1
21-313-CS3	21-323-MR1	21-323-BA1	21-372-VE2	21-372-MU1	21-371-VE2
21-323-VE1	21-323-BMA	21-323-BA2	21-362-BM1	21-312-CS5	21-361-MB1/MO1
21-323-SP1	21-323-BMB	21-393-VE1	21-362-BM2	21-312-CS4	21-361-AP1
21-323-EL3	21-323-BMC	21-393-TF1	21-372-SR1	21-372-AK1	21-361-BM3
21-323-ED5	21-323-BMD	21-393-VE2	21-372-SR2	21-372-AK2	21-361-MB1
21-393-SR2	21-323-BME	21-393-SR4	21-362-CA1	21-372-TF1	21-371-TF2
21-323-ED1	21-323-BM3	21-393-SR5	21-361-CA1	21-372-VE1	21-311-CS4
21-323-ED2	21-323-BM4	21-393-EC1		21-372-SP1	21-311-CS3
21-393-SR1	21-323-BM5			21-372-EC1	
21-323-ED4	21-323-BM6				
21-323-ED3					

Tabla XXI Rutas de temperaturas (Cont.)

HARINA CRUDA			HORNOS		
RUTA 8	RUTA 9	RUTA 10	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3
21-371-TF1	21-311-BP1	21-391-BN3	21-482-SR1	21-412-SR6	21-411-EC1
21-371-AK1	21-311-BP2	21-391-BN4	21-480-SR2	21-412-SR4	21-411-EC2
21-371-AK2	21-311-BP3	21-391-CA7	21-481-SR1	21-412-SR5	21-411-VE3
21-371-SR2	21-311-BP4	21-391-CA8	21-483-SR1	21-412-SR8	21-411-TF2
21-371-VE1	21-312-CS1	21-391-SR1	21-453-SR2	21-412-SR9	21-411-AK5
21-371-SP1	21-312-BP2	21-391-VE1	21-453-SR1	21-412-SR7	21-431-AM1
21-371-EC1	21-312-BP3	21-391-TF1	21-433-CA2	21-411-SR5	21-431-BN2
21-311-CM1	21-312-BP5	21-392-VE2	21-433-CA1	21-411-SR6	21-431-BN1
21-311-VE1	21-312-BP4	21-392-VE1	21-413-CA3	21-411-SR4	21-411-TF1
21-311-CS5	21-312-CS3	21-392-SR1	21-413-CA2	21-411-SR7	21-D30-VE1
21-311-CS6	21-312-VE1	21-392-SR2	21-413-CA1		21-411-CA4
21-311-BP5	21-312-CM1	21-392-TF1	21-412-SR3		21-411-CA1
21-312-BP1					21-411-CA3
					21-431-CA1
					21-411-SR3
					21-411-SR2
HORNOS					
RUTA 4	RUTA 5	RUTA 6	RUTA 7	RUTA 8	RUTA 9
21-422-VE2	21421-TF5	21-490-VE2	21-422-ED6	21-433-EC1	21-493-TF1
21-421-VE2	21421-TF4	21-490-TK3	21-422-ED5	21-433-BP1	21-473-TK2
21-421-VE3	21421-TF1	21-490-TK2	21-422-ED4	21-423-EC1	21-473-ED2
21-421-VE1	21421-TF3	21-490-TK1	21-422-TF5	21-443-VE1	21-473-TK1
21-422-VE1	21421-AK3	21-490-VE1	21-422-TF4	21-423-VE1	21-473-ED1
21-462-HR1	21421-AK5	21-412-CA1	21-422-ED1	21-423-VE2	21-493-TF2
21-461-HR1	21421-AK7	21-412-CA2	21-422-TF6	21-483-VE4	21-413-VE1
21-481-VE1	21421-AK9	21-412-CA3	21-422-ED2	21-473-TS1	21-413-TF1
21-471-TS1	21421-AKB	21-412-CA4	21-422-ED3	21-473-BM1	21-433-SR1
21-482-VE2	21421-AKD	21-412-CA5	21-422-TK4	21-473-BM3	21-413-SR1
21-472-TS1	21421-AKF	21-412-BN1	21-422-CN1	21-473-BM4	21-423-SR1
21-472-TS2	21421-TF2	21-412-BN2	21-422-TK3	21-493-TP1	21-423-VE3
	21421-AK4	21-412-SR1	21-432-TF1	21-483-VE1	21-483-AK1
	21421-AK6	21-412-SR2	21-412-EC1	21-483-VE2	21-483-AK2
	21421-AK8	21-412-VE1	21-412-EC2	21-483-VE3	
	21421-AKA	21-412-AK1			
	21421-AKC	21-412-BP1			
	21421-AKE	21-412-TF1			
	21421-AGK				

Tabla XXI Rutas de temperaturas (Cont.)

CEMENTO					
RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5	RUTA 6
21-513-TP3	21-563-BM3	21-563-BMK	21-533-TF5	21-533-TP1	21-534-CS1
21-533-VE3	21-563-BM4	21-563-VE1	21-533-VE7	21-563-EL5	21-564-TK2
21-533-BP2	21-563-BM5	21-563-AH1	21-533-TF6	21-563-SP1	21-564-BM1
21-533-BP3	21-563-BM6	21-564-VE1	21-563-EL3	21-533-TP5	21-564-BM2
21-533-BP4	21-563-BM7	21-593-CS1	21-533-ED2	21-513-VE7	21-564-BM3
21-533-TF2	21-563-BM8	21-593-VE2	21-533-ED1	21-513-TP4	21-564-BM4
21-533-CS1	21-563-MR1	21-593-TF1	21-533-CS4	21-533-EC2	21-564-BM5
21-533-BP1	21-563-BMA	21-593-TF2	21-533-VE8	21-513-VE5	21-564-BM6
21-563-TK2	21-563-BMC	21-563-ED2	21-533-VE9	21-513-EC2	21-564-BM7
21-563-TK1	21-563-BMD	21-563-ED3	21-533-CS3	21-513-EC1	21-564-BM8
21-563-TV1	21-563-BME	21-563-SR1	21-533-EC1	21-593-SR1	21-564-MR1
21-563-EL1	21-563-BMF	21-593-VE1	21-533-VE4	21-593-SR4	21-564-BML
21-563-BM1	21-563-IJ1		21-533-VE5	21-593-SR5	21-564-BMK
21-563-BM2	21-563-BMH		21-533-VE6	21-593-SR2	21-564-BMA
	21-563-VE2			21-593-SR3	21-564-BMF
	21-563-VE3			21-593-SR6	21-564-BMB
	21-563-BC1				21-564-BMD
	21-563-BC2				21-564-BMC
					21-564-BME
					21-564-TK1
CEMENTO					DESPACHOS
RUTA 7	RUTA 8	RUTA 9	RUTA 10	RUTA 11	RUTA 1
21-564-BMG	21-534-BP2	21-594-VE1	21-510-TZ1	21-572-VE2	21-641-EV1
21-564-ED2	21-534-BP3	21-534-VE5	21-571-VE3	21-571-VE2	21-642-EV1
21-564-ED1	21-534-BP4	21-534-CS3	21-572-VE3	21-571-SP1	21-643-SH1
21-534-TP1	21-534-VE1	21-534-VE8	21-561-MB1	21-591-CS1	21-653-PZ1
21-564-SP1	21-534-TF1	21-514-TP1	21-562-MB1	21-591-EC1	21-643-AA3
21-564-BMH	21-534-VE2	21-534-VE3	21-531-CS1	21-592-EC1	21-643-EV1
21-534-EC2	21-534-TF2	21-534-CS2	21-531-CS2	21-590-FT1	21-644-EV1
21-534-VE4	21-534-BP1	21-513-TP2	21-532-CS2	21-590-FT3	21-643-VE1
21-534-EC1	21-513-TP1	21-514-VE1	21-571-VE1	21-590-FT4	21-644-VE2
21-594-EC1	21-564-BM9	21-513-VE6	21-572-VE1	21-590-FT5	21-644-AA3
21-593-EC1	21-564-IJ1	21-594-SR3	21-572-EC1	21-590-FT6	21-654-PZ1
21-534-VE7	21-564-VE2	21-594-SR4		21-590-FT7	21-644-SH1
21-513-VE8	21-564-VE3	21-594-SR5		21-590-FT8	21-644-VE1
21-513-VE1	21-564-BC1	21-594-SR6		21-590-FT9	
21-513-VE2	21-564-BC2				
	21-564-SR1				
	21-564-SR2				
	21-594-ED1				
	21-594-ED2				
	21-594-SR2				

Tabla XXI Rutas de temperaturas (Cont.)

DESPACHO				CALERA	
RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5	RUTA 1	RUTA 2
21-610-SRT	21-612-SR1	21-612-EC1	21-644-TF1	22-481-SR1	22-561-MB1/M01
21-610-SRH	21-610-SR5	21-612-VE2	21-644-TF2	22-481-SR2	22-561-AP3
21-610-SR9	21-610-SR6	21-641-CW1	21-644-TF3	22-461-SR1	22-641-BN1
21-610-SR1	21-621-SR1	21-641-VE1	21-644-BN1	22-461-SR2	22-641-BN2
21-610-SRF	21-610-SRI	21-641-EC1	21-644-BN2	22-461-SR3	22-641-BN3
21-610-SRA	21-622-SRI	21-641-EC2	21-643-CV1	22-481-SR3	22-641-BN4
21-610-SRD	21-610-SRN	21-642-VE1	21-644-CV1	22-481-SR4	22-481-BC1
21-610-SR3	21-610-SR3/022	21-642-CW1	21-643-EC1	22-461-RT1	22-481-BC2
21-610-SRJ	21-610-SRJ/023	21-610-EC1	21-644-EC1	22-461-BM1	22-481-BC3
21-610-SRE	21-610-SR7/024	21-610-EC2		22-461-BM2	22-481-BC4
21-610-SRB	21-610-SR9/026			22-561-MB1	22-411-AP3
21-610-SRC					22-541-BA1
					22-541-VE2/M01
					22-641-VE1/M01
					22-561-AP1
					22-611-AP1
					22-591-AP1
					22-541-AP1
					22-541-AP2

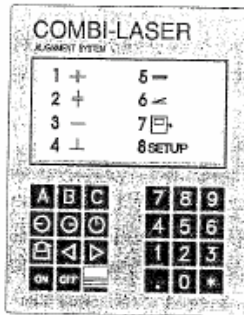
2.2.3. Alineamientos

Para controlar o corregir el desalineamiento en la planta se utiliza un alineador Combi-Láser M, el cual consta de dos unidades transmisoras-detectoras las cuales emiten y reciben una señal láser.

Se pueden hacer alineaciones: de ejes verticales, de ejes horizontales, de rectitud, de perpendicularidad, y de paralelismo de árboles.

Las alineaciones principalmente se hacen en cada paro por mantenimiento mayor, cada uno de los equipos que se reinstala o se repara se alinea para asegurar que funcione de manera normal.

Figura 27 Menú principal Combi Láser M



1. Alineamiento horizontal
2. Alineamiento vertical
3. Rectitud
4. Perpendicularidad
5. Paralelismo
6. Alineamiento de husillo
7. Transmisor de señales
8. Ajuste de usuario

Figura 28 Equipo de alineación



Figura 29 Clave modelo alineamientos

CLAVE MODELO	ALINEAMIENTOS
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección • Lentes protectores • Mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos (si el ruido es excesivo).
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo parado • Colocar candado de seguridad
Indicaciones	
Para alineamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar herramienta adecuada (medición de tornillos de anclaje, tricket, torquímetro, almagana, etc.). • Instalar combi-láser. • Colocar correctamente sensores. • Tomar medidas de distancia entre sensores (A), entre sensor móvil y primer tornillo de anclaje (B) y entre tornillos de anclaje (C), ingresar datos en combi-láser. • Nivelar y centrar sensores y proceder a calibración (9 Hrs.) • Colocar sensores a las 3 Hrs. para verificar desalineación horizontal. • Colocar sensores a las 12 Hrs. Para verificar desalineación vertical. • Proceder a nivelar y alinear. • El estándares máximo de desalineación es 0.08 mm. • Grabar resultados. • Desmontar equipo combi-láser y limpiarlo • Ponerlo a cargar.
Dejar limpia el área de: <i>wipe</i> , mascarillas, basura, residuos de material utilizado, remover material acumulado.	

Normalmente los alineamientos se hacen fuera de rutas, pues dependen de los programas de mantenimiento preventivo y producción. Por esta razón aquí encontrará un número reducido de equipos. Sin embargo son muchos los equipos afectados, Aquí encontrará una lista de los equipos que se alinean en base al programa de monitoreo.

Tabla XXII Rutas alineamientos

TRITURACIÓN	HORNOS	CEMENTO		
RUTA 1	RUTA 1	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3
21-211-TB1	21-L41-MR1	21-563-MR1	21-510-TZ1	21-564-MR1
	21-L43-MR1			21-564-VE1
				21-564-SP1

2.2.4. Desgastes

Principalmente los equipos afectados a esta practica, son los molinos de rodillos verticales, en los cuales se mide el espesor de corazas, al igual que en la trituradora Krupp.

Para conocer el espesor de corazas se puede medir tanto con escantillón o por medio de ultrasonido.

Figura 30 Clave modelo desgaste molino atox

CLAVE MODELO DESGASTE		MOLINO ATOX
Apreciación de resistencia mecánica, medición de corazas con escantillón del molino atox		
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco, lentes de protección y mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos (si el ruido es excesivo) 	
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Bloquear equipo 	
Indicaciones		
Medición de corazas con escantillón	<ul style="list-style-type: none"> • Imprimir formato de ubicación de corazas • Elegir escantillón adecuado según molino • Limpiar el área a medir • Para medir corazas de la mesa, colocar escantillón en posición vertical de extremo a extremo de coraza apoyando escantillón en la parte que no sufre desgaste • Hacer la lectura en 3 corazas • Medir distancia de superficie de coraza a escantillón en 9 puntos ya marcados en escantillón • Hacer la medición y anotar lectura • En rodos usar escantillón para rodos • Se apoya escantillón en parte lateral de rodo donde no sufre desgaste • Se miden 3 corazas por cada rodo • Se miden 9 puntos ya marcados en escantillón a cada coraza • Hacer la medición y anotar lectura • Ingresar datos a formato de Archivosm 	
Anomalías encontradas Crear AVISO M2 en el sistema		

Figura 31 clave modelo desgaste con escantillón en ok's

CLAVE MODELO	DESGASTE CON ESCANTILLÓN EN OK'S
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco, lentes de protección y mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos (si el ruido es excesivo).
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Bloquear equipo.
Indicaciones	
Medición de corazas con escantillón	<ul style="list-style-type: none"> • Imprimir formato de ubicación de corazas. • Elegir escantillón adecuado según molino • Limpiar el área a medir. • Para medir corazas de la mesa en Oks, colocar escantillón a 14 grados. • Hacer la lectura en 4 corazas para Oks. • Medir distancia de superficie de coraza a escantillón. • Las lecturas se toman según indique el formato de cada molino, anotando el número de la coraza medida. • Hacer la medición y anotar lectura. • En rodos, usar escantillón para rodos. • De la hendidura en la parte central de la coraza al escantillón deben haber 210mm. en ambos lados de la hendidura. • Las lecturas se toman según indique el formato de cada molino, anotando el número de la coraza medida (deben medirse dos corazas por rodo y anotar el número de la coraza). • Ingresar datos a formato de archivosm.
Dejar limpia el área de: <i>wipe</i> , mascarillas, basura, residuos de material utilizado	
Anomalías encontradas Crear AVISO M2 en el sistema Reportar todas las anomalías o daños encontrados que se de deberán reparar en futuras ocasiones	

Tabla XXIII Rutas de desgaste

TRITURACIÓN	HORNOS					
	RUTA 1	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5
21-211-TB1	21-441-CI1	21-442-CI1	21-443-CI1	21-L41-MR1	21-L43-MR1	
21-212-TG1	21-441-CI2	21-442-CI2	21-443-CI2			
	21-441-CI3	21-442-CI3	21-443-CI3			
	21-441-CI4	21-442-CI4	21-443-CI4			
	21-461-HR1	21-462-HR1	21-443-CI5			
	21-461-RH1	21-462-RH1	21-463-HR1			
	21-461-RH2	21-462-RH2	21-463-RH1			
	21-461-RH3	21-462-RH3	21-463-RH2			
	21-461-RH4	21-462-RH4	21-463-RH3			
	21-461-RH5	21-462-RH5	21-463-RH4			
	21-461-RH6	21-462-RH6				
		21-462-RH7				
		21-462-RH8				
HARINA CRUDA	CEMENTO					
RUTA 1	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3			
21-323-MR1	21-563-MR1	21-561-MB1	21-564-MR1			
21-361-MB1	21-571-CI1	21-562-MB1				
21-362-MB1	21-571-CI2					
21-323-CI1	21-571-CI3					
21-323-CI2	21-571-CI4					
21-323-CI3	21-572-CI1					
21-323-CI4	21-572-CI2					
21-371-CI1	21-572-CI3					
21-371-CI2	21-572-CI4					
21-372-CI1						
21-372-CI2						
21-323-ED5						

2.2.5. Ultrasonido

La técnica ultrasónica es precisa, fiable y repetitiva. Es posible obtener medidas casi instantáneamente transmitiendo el ultrasonido a través del material desde una de sus caras, evitando desmontar o romper las piezas inspeccionadas. Se puede ahorrar tiempo, materia prima, y horas de trabajo en muchas aplicaciones donde no es posible el acceso a la cara opuesta.

Figura 32 Clave modelo ultrasonido

Clave modelo	desgaste con ultrasonido
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección, lentes protectores y mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos (si el ruido es excesivo)
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Bloquear equipo • En Krupp asegurarse que estén vacíos alimentadores de esquisto y caliza • Si se puede solicitar el destape de trituradora Krupp
Indicaciones	
Medición de corazas con ultrasonido	<ul style="list-style-type: none"> • Imprimir formato de ubicación de corazas • Calibrar equipo (velocidad sónica) • Limpiar el área a medir • Hacer la medición y anotar lectura • Ingresar datos a formato SAC-SM-MM-FO-06 en archivoss • Velocidades sónicas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Krupp 50mm ▪ L43 60mm ▪ L41 60mm • Para espesores de molinos de bolas consultar el formato en la red
Dejar limpia el área de: <i>wipe</i> , mascarillas, basura, residuos de material utilizado	
Anomalías encontradas Crear AVISO M2 en el sistema Reportar todas las anomalías o daños encontrados que se de deberán reparar en futuras ocasiones.	

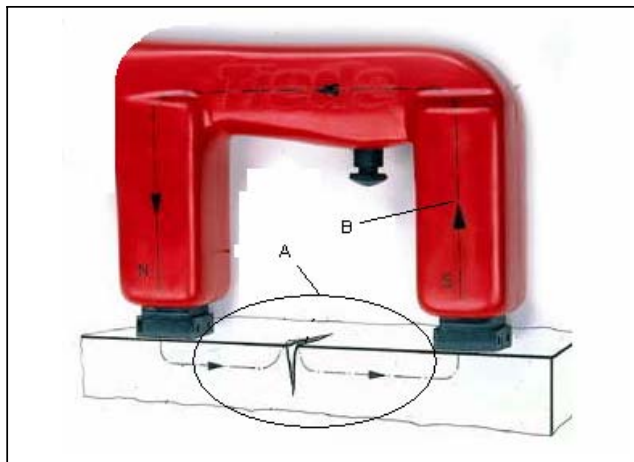
2.2.6. Partículas magnéticas

En el caso de la aplicación de esta técnica existen pocos equipos enlistados en las rutas establecidas, pues depende de los demás programas de mantenimiento que se realice esta actividad, sin embargo, hay muchos equipos afectados a esta técnica de monitoreo de condiciones. El equipo que se utiliza para esta aplicación se llama Magna Flux.

Equipo a utilizar

- Brocha
- Cepillo de alambre
- Extensión eléctrica
- Equipo magna flux
- Partículas magnéticas (vía húmeda o seca)

Figura 33 Forma de colocación del electroimán



A: Parte en observación, aquí se aplican las partículas magnéticas

B: Flujo del campo magnético.

Figura 34 Clave modelo partículas magnéticas

CLAVE MODELO	PARTÍCULAS MAGNÉTICAS
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección, lentes protectores y mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos (si el ruido es excesivo)
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en marcha • Precaución con cables del equipo • Precaución con partes móviles • Equipo parado • Bloquear equipo en cuarto eléctrico, colocar candado y avisar a control central
Indicaciones	
Pasos de preparación	<ul style="list-style-type: none"> • El área circundante debe estar limpia • Pieza a inspeccionar debe estar completamente limpia • Aplicación de pintura blanca
Pasos para la inspección	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar el electroimán a un toma-fuerza de 110 voltios • Colocar el electroimán en la posición adecuada • Aplicar las partículas magnéticas • Observar los resultados
<p>Anomalías encontradas Crear AVISO M2 en el sistema</p>	

Tabla XXIV Rutas partículas magnéticas

HORNOS			CEMENTO		
RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3
21-421-VE1	21-422-VE1	21-423-VE1	21-564-VE1	21-572-VE3	21-563-VE1
21-421-VE2	21-422-VE2	21-443-VE1		21-571-VE3	
		21-483-VE4		21-572-VE1	
				21-571-VE1	
				21-572-VE2	
				21-571-VE1	
H. CRUDA					
RUTA 1					
21-323-VE2					
21-272-VE2					
21-371-VE2					

2.2.7. Endoscopía

El fibroscopio es muy útil en los casos en los cuales es difícil hacer una apreciación óptica del objeto a observar, es decir objetivos que se encuentran en lugares fuera del alcance a simple vista.

En la planta los equipos que principalmente se monitorean con la técnica de endoscopía, son los reductores para verificar la condición de los engranajes, piñón, corona y planetarios.

Figura 35 Fibroscopio industrial

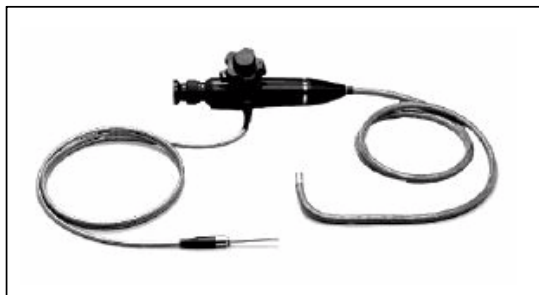


Figura 36 Clave modelo endoscopia

CLAVE MODELO	ENDOSCOPIA
Equipo de Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección, lentes protectores y mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos (si el ruido es excesivo)
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo parado • Bloquear motor en panel eléctrico y colocar candado
Indicaciones	<ul style="list-style-type: none"> •
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer limpieza en área a inspeccionar para no introducir tierra u otros contaminantes en reductor
Pasos para revisión	<ul style="list-style-type: none"> • Parar bomba de lubricación • Quitar registro de inspección • Revisar visualmente que no hayan deformaciones en dientes de piñón, corona y planetarios. • Usar fibroscopio en lugares de difícil acceso para mayor certeza en la revisión de reductores. • Hacer uso de espejo para observar de mejor forma corona • Palpar en lugares accesibles en caso de duda de alguna deformación en dientes • Tomar fotografías para que queden de evidencia • Arrancar bomba de lubricación para ver la lubricación del reductor • Cerrar registro de inspección ponerle sellador para evitar fugas de aceite • Hacer reporte y pegarlo en lugar asignado en red
<p>Dejar limpia el área de: Residuos de material utilizado Anomalías encontradas Crear AVISO M2 en el sistema</p>	

Tabla XXV Rutas de endoscopía

HARINA CRUDA	HORNOS		CEMENTO	
RUTA 1	L41	L43	RUTA 1	RUTA 2
21-323-AP1	21-L41-AP1	21-L43-AP1	21-563-AP1	21-564-AP1

2.2.8. Análisis de aceites

En la clave modelo están establecidos los procedimientos para llevar a cabo la técnica de muestreo de aceites.

Para cada una de las áreas encontrará las rutas de los equipos a los cuales se les harán los análisis

Figura 37 Punto de toma de la muestra

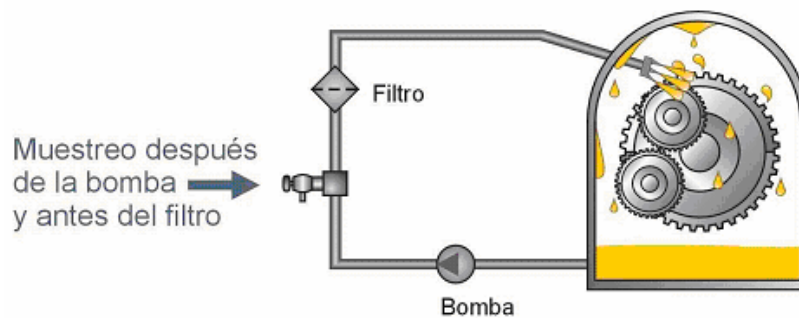


Figura 38 Equipo de análisis de aceites



Figura 39 Clave modelo muestreo de aceites

CLAVE MODELO	MUESTREO DE ACEITES
Equipo de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de protección, lentes protectores y mascarilla • Botas (punta de acero y suela antideslizante) • Tapones para oídos (si el ruido es excesivo)
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo en marcha
Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> • Envase plástico, bomba, manguera
Indicaciones	
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> • Preferiblemente hacerlo con el equipo en operación. Caso contrario tomarla 10min después de que el equipo ha dejado de operar • Tomar la muestra antes del filtro • Siempre hacerlo en el mismo punto • Llenar el frasco $\frac{3}{4}$ máximo de su capacidad
Pasos de preparación	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar el equipo de muestreo, montando el envase en la bomba de succión • Introducir uno de los extremos de la manguera en la bomba, procurando que penetre como máximo 5cm
Pasos de toma	<ul style="list-style-type: none"> • Introducir el otro extremo de la manguera en el equipo • Usar una manguera nueva para cada muestra • Mantenga el recipiente en posición vertical • Esperar a que termine de fluir el aceite para desenroscar el recipiente recolector, tapándolo inmediatamente • Limpiar el extremo de la manguera que estaba dentro del frasco con un paño limpio (evitar ensuciar la bomba) • Si la bomba se contamina limpiarla con un paño seco • Identificar la muestra utilizando boleta, colocar los datos correctos
<p>Dejar limpia el área de residuos de materiales utilizados NOTA: Una muestra mal tomada redonda en un resultado errado</p>	

Tabla XXVI Rutas de análisis de aceites

TRITURACIÓN				HARINA CRUDA	
RUTA 1 C/MES	RUTA 2 C/3MESES		RUTA 3 C/6MESES	RUTA 1 C/3 MESES	RUTA 2 C/3 MESES
21-212-RT2	21-211-DP1	21-212-DP4	21-212-CS2	21-311-AK1	21-323-AKA
21-292-RT2	21-211-DP2	21-292-TG1-P	21-212-CS4	21-311-SH2	21-323-ED5
21-212-RT1	21-211-SH1	21-292-CV1-S	21-292-CS6	21-313-CS6	21-323-VE2
21-212-RT1	21-211-CS1	21-292-CV1-I	21-292-CS7	21-362-MB1	21-323-BKJ
21-212-BM3	21-211-CS2	21-K22-CS1	21-292-CS8	21-371-EC1	21-362-MB1/MO1
	21-291-SH1	21-211-AK6	21-K12-CS1	21-311-AK2	21-372-EC1
	21-291-AK1	21-211-AK7	21-K12-CS2	21-311-SH1	21-361-MB1/MO1
	21-291-AK2	21-211-AK8	21-313-CS4	21-311-TK1	21-371-SP1
	21-291-AK3	21-211-SH2	21-313-CS5	21-311-CS1	21-361-MB1
	21-291-AK4	21-212-CS1	21-K94-CS1	21-311-BP1	21-372-SP1
	21-291-CS1	21-212-CS5	21-K94-CS2	21-313-CS1	
	21-212-TG1-P	21-292-CS1	21-212-CY1	21-313-CS2	
	21-292-CS5	21-292-CS2	21-212-CA1		
	21-212-DP1	21-292-CS3	21-212-CS3		
	21-212-DP2	21-292-CS4	22-391-CS1		
	21-212-DP3	21-K93-CS1			
HARINA CRUDA			HONOS		
RUTA 3 C/MES	RUTA 4 C/6 MESES	RUTA 1 H. 461 CADA 2 MES	RUTA 2 H. 461 C/3 MESES	RUTA 3 H. 462 C/2 MES	RUTA 4 H. 462 C/3 MESES
21-323-EC1	21-372-VE2	21-461-R01	21-481-VE1	21-462-R01	21-482-VE1
21-323-SP1	21-312-CS5	21-461-R02	21-461-AP1	21-462-R02	21-462-AP1
21-323-AP1	21-312-CS4	21-461-R03	21-461-GA1	21-462-R03	21-462-GA1
21-323-EL1	21-312-CS3	21-461-R04	21-461-GA2	21-462-R04	21-422-VE2
21-323-SH1	21-312-CS1	21-461-R05	21-411-TF1	21-462-R05	21-412-EC1
21-393-EC1	21-371-VE2	21-461-R06	21-411-EC1	21-462-R06	21-412-EC2
21-362-AP1	21-371-TF1	21-461-R07	21-411-EC2	21-462-R07	21-412-TF1
21-361-AP1	21-372-TF1	21-461-R08	21-421-VE1	21-462-R08	21-L43-CS1
	21-311-CS4	21-461-R09	21-491-TK1	21-462-R09	21-490-TK1
	21-311-CS3	21-461-R0A	21-491-TK2	21-462-R0A	21-490-TK2
	21-311-CS5	21-461-R0B	21-491-TK3	21-462-R0B	21-490-TK3
		21-461-B0C	21-491-TK4	21-462-R0C	21-422-VE1
			21-491-EC1	21-462-R0D	21-432-TF1
			21-491-EC2	21-462-R0E	21-492-EC1
				21-462-R0F	21-492-TK1
				21-462-R0G	21-492-TK2
					21-492-TK4

Tabla XXVI Rutas de análisis de aceites (Cont.)

HORNOS					CEMENTO
RUTA 5 C/MES	RUTA 6 M C/2 MES	RUTA 7 H. 463 C/3 MESES	RUTA 8 H. 463 C/2 MES	RUTA 9 C/3 MESES	RUTA 1 OK3 C/3 MESES
21-L43-AP1	21-463-RO1	21-463-AP1	21-433-EC1	21-L21-CS1	21-593-CS1
21-L41-AP1	21-463-RO2	21-463-AP2	21-493-EC1	21-L21-CS2	21-513-TP3
	21-463-RO3	21-463-SH1	21-423-EC1	21-L21-CS3	21-513-TP2
	21-463-RO4	21-463-GA1	21-493-TP3	21-L21-CS4	21-593-TF1
	21-463-RO5	21-473-SH1		21-L41-CS1	21-593-TF2
	21-463-RO6	21-493-TP1		21-L41-SH1	
	21-463-RO7	21-493-TP2		21-L43-SH1	
	21-463-RO8				
CEMENTO					
RUTA 2 OK3 C/MES	RUTA 3 OK3 C/2 MES	RUTA 4 OK3 C/6 MESES	RUTA 5 OK4 C/3 MESES	RUTA 6 OK4 C/MES	RUTA 7 OK4 C/2 MES
21-563-AP1	21-533-EC1	21-563-BMK	21-534-CS1	21-564-AP1	21-534-EC1
21-563-EL3	21-533-EC2	21-563-VE1	21-564-TK2	21-564-SH1	21-534-EC2
21-563-SP1	21-513-EC2	21-563-TK2	21-564-TK1	RODO 1	21-594-EC1
21-563-SH1	21-593-EC1	21-563-TK1	21-534-TP1	RODO 2	21-513-EC1
RODO 1		21-533-CS1	21-534-CS3	RODO 3	
RODO 2			21-513-TP1	RODO 4	
RODO 3				21-564-EL3	
RODO 4				21-564-SP1	
CEMENTO					DESPACHOS
RUTA 8 OK4 C/6 MESES	RUTA 9	RUTA 10			RUTA 1 C/3 MESES
21-564-ED2	21-510-TZ1	21-510-TK4			21-612-EC1
21-564-ED1	21-561-AP1	21-510-TP1			21-641-EC1
21-534-CS2	21-562-AP1	21-561-MB1/m01L. Libre			21-642-EC1
21-564-VE1		21-561-MB1/m01L. Carga			21-643-EC1
21-514-TP1		21-562-MB1/m01L. Libre			21-644-EC1
		21-562-MB1/m01L. Carga			21-610-EC1
		21-561-BM1			21-610-EC2
		21-561-BM2			
		21-562-BM1			
		21-562-BM2			
DESPACHOS		CALERA			
RUTA 2 C/MES		RUTA 1			
21-653-SH1		22-481-SR1	22-481-SR3		
21-643-EV1		22-481-SR2	22-481-SR4		
21-644-EV1		22-461-SR1	22-461-RT1		
21-654-SH1		22-461-SR2	22-461-SH1		
21-642-EV1		22-461-SR3			
21-642-CW1					
21-641-EV1					
21-641-CW1					

2.2.9. Termografía

La temperatura es un parámetro fundamental a la hora de detectar averías o funcionamientos incorrectos de la maquinaria. Actualmente, en todas las instalaciones se miden valores de temperatura en los puntos más significativos.

Los equipos eléctricos son los que se analizan especialmente con esta técnica, sin embargo puede ser aplicable y muy efectiva en equipos mecánicos.

Figura 40 Cámara termográfica P60



Figura 41 termografía

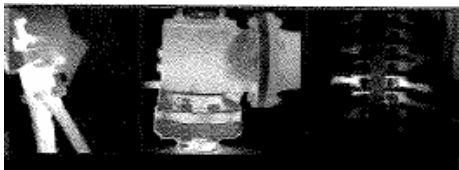


Tabla XXVII Rutas de termografía

TRITURACIÓN	HARINA CRUDA		CEMENTO	
	RUTA 1	RUTA 1	RUTA 1	
21-211-CS1/M01	21-311-TK1/M01	21-411-CA1/M01	21-4C2-1T1/U01	
21-211-CS2/M01	21-323-MR1/M01	21-411-CA3/M01	21-4C2-1T2	
21-211-DP1/M01	21-323-SP1/M01	21-412-BN1/M01	21-4C2-1T2/CP1	
21-211-TB1/I01	21-323-VE2/M01	21-412-BN2/M01	21-4C2-1T2/U01	
21-211-TB1/K01	21-361-MB1/M01	21-412-CA1/M01	21-4C2-1T3	
21-211-TB1/M01	21-362-MB1/M01	21-412-CA3/M01	21-4C2-1T3/CP1	
21-211-VE1/M01	21-371-EC1/M01	21-421-CA1/M01	21-4C2-1T3/U01	
21-212-CA1/U01	21-371-SP1/M01	21-421-CA2/M01	21-4C2-1T4	
21-212-CS1/M01	21-371-VE2/M01	21-421-VE1/M01	21-4C2-1T4/CP1	
21-212-CS5/I01	21-372-EC1/M01	21-421-VE2/M01	21-4C2-1T4/U01	
21-212-TG1/K01	21-372-SP1/M01	21-421-VE3/M01	21-4C2-1T5	
21-212-TG1/M01	21-372-VE2/M01	21-422-VE1/M01	21-4C2-1T5/U01	
21-212-TG1/U01	21-391-BN1/M01	21-422-VE2/M01	21-4P0-1M1	
21-212-TM1/M01	21-391-BN2/M01	21-423-VE1/M01	21-4P0-1M1	
21-291-AD1/U01	21-391-BN3/M01	21-423-VE2/M01	21-4P0-1M1	
21-291-AD1/U02	21-391-BN4/M01	21-432-CA1/M01	21-4P0-1M1	
21-291-CS1/M01	21-391-CA1/M01	21-433-EC1/M01	21-4P0-1M1/CP1	
21-292-CS2/I01	21-391-CA2/M01	21-443-VE1/M01	21-4P0-1M2	
21-292-CS2/M01	21-391-CA7/M01	21-453-SR1/M01	21-4P0-1M2/CP1	
21-292-CS3/I01	21-391-CA8/M01	21-453-SR2/M01	21-4P0-1M3/CP1	
21-292-CS4/I01	21-391-CA9/M01	21-461-HR1/M01	21-4P0-1M4	
21-292-CS5/I01	21-392-BN1/M01	21-462-HR1/M01	21-4P0-1M4/CP1	
21-292-CS5/M01	21-392-BN2/M01	21-463-HR1/M01	21-4P0-1T1	
21-292-CS6/I01	21-392-CA1/M01	21-463-HR1/M02	21-4P0-1T2	
21-292-CS7/I01	21-392-CA3/M01	21-471-TS1/M01	21-4P0-1T3	
21-292-TG1/I01	21-393-EC1/M01	21-472-TS1/M01	21-4P1-1M1	
21-292-TG1/K01	21-3P1-1M1	21-472-TS2/M01	21-4P1-1M1/CP1	
21-292-TG1/M01	21-3P1-1M1/C01	21-473-TS1/M01	21-4P1-1M2	
21-292-TG1/U01	21-3P1-1T1	21-473-VEA/M01	21-4P1-1M2/CP1	
21-2P1-1M1	21-3P1-1T1/U01	21-473-VEB/M01	21-4P1-1M3	
21-2P1-1M1/C01	21-3P2-1M1	21-473-VEC/M01	21-4P1-1M4	
21-2P1-1T1	21-3P2-1M1/C01	21-473-VED/M01	21-4P1-1M5	
21-2P1-1T1/K01	21-3P2-1T1	21-473-VEE/M01	21-4P1-1M5/CP1	
21-2P2-1M1	21-3P2-1T1/K01	21-473-VEG/M01	21-4P1-1M6	
21-2P2-1M1/C01	21-3P2-1T1/U01	21-473-VEJ/M01	21-4P1-1M6	
21-2P2-1M2	21-3P3-1M1	21-473-VEK/M01	21-4P1-1M6/CP1	
21-2P2-1M2/C01	21-3P3-1M1/C01	21-473-VEL/M01	21-4P1-1M7	
21-2P2-1M3	21-3P3-1M2	21-473-VEM/M01	21-4P1-1T1	
21-2P2-1M3/C01	21-3P3-1M2/C01	21-473-VEN/M01	21-4P1-1T1/CP1	
21-2P2-1M4	21-3P3-1M3	21-481-VE1/M01	21-4P1-1T2	
21-2P2-1T1	21-3P3-1M3/C01	21-482-VE1/M01	21-4P1-1T2/U01	
21-2P2-1T1/K01	21-3P3-1T1	21-483-SR1/M01	21-4P1-1T3	
21-2P2-1T1/U01	21-3P3-1T1/U01	21-483-VE4/M01	21-4P1-1T3/U01	
21-2P2-1T2		21-493-EC1/M01	21-4P2-1M1	
		21-4C2-1T1	21-4P2-1M1	
		21-4C2-1T1/CP1	21-4P2-1M1/CP1	

Tabla XXVII Rutas de termografía (Cont.)

HORNOS	CEMENTO		DESPACHOS	CALERA
RUTA 1 (Cont.)	RUTA 1		RUTA 1	RUTA 1
21-4P2-1M2	21-510-GR1/M01	21-5P1-1M1/CP1	21-612-EC1/M01	22-461-SR1/M01
21-4P2-1M2	21-510-GR1/M02	21-5P1-1M2	21-643-VE1/M01	22-461-SR2/M01
21-4P2-1M2	21-510-TZ1/M01	21-5P1-1M2/CP1	21-644-VE1/M01	22-461-SR3/M01
21-4P2-1M2/CP1	21-510-VEE/M01	21-5P1-1M3	21-644-VE1/M01	22-481-SR1/M01
21-4P2-1M3	21-513-EC2/M01	21-5P1-1M3/CP1	21-644-VE2/M01	22-481-SR2/M01
21-4P2-1M3	21-513-VE6/M01	21-5P1-1T1	21-6C3-1M1	22-4P1-1M1
21-4P2-1M3	21-513-VE7/M01	21-5P1-1T1/CP1	21-6C3-1T1	22-4P1-1M2
21-4P2-1M3	21-533-EC1/M01	21-5P2-1M1	21-6C3-1T2	22-4P1-1M3
21-4P2-1M3/CP1	21-533-EC2/M01	21-5P2-1M1/CP1	21-6P0-1M1	22-4P1-1M4
21-4P2-1M4	21-561-MB1/M01	21-5P2-1M2	21-6P0-1M1/CP1	22-4P1-1M5
21-4P2-1M4/CP1	21-562-MB1/M01	21-5P2-1M2/C01	21-6P1-1M1	22-561-MB1/M01
21-4P2-1M5	21-563-BMA/M01	21-5P2-1T1	21-6P1-1M2	22-561-SP1/M01
21-4P2-1T1	21-563-MR1/M01	21-5P3-1M1	21-6P2-1M1	22-561-SP1/M01
21-4P2-1T1/K01	21-563-SP1/M01	21-5P3-1M1/J01	21-6P2-1M2	22-5P1-1M1
21-4P2-1T1/U01	21-563-VE1/M01	21-5P3-1T1	21-6P3-1M1	22-5P1-1M2
21-4P2-1T2	21-564-MR1/M01	21-5P4-1M1	21-6P4-1M1	22-5P1-1M3
21-4P2-1T2/K01	21-564-SP1/M01	21-5P4-1M1/J01	21-6P4-1M2	22-6P1-1M1
21-4P2-1T2/U01	21-564-VE1/M01	21-5P4-1T1		22-D30-CA1/M01
21-4P2-1T3	21-571-EC1/M01			22-D30-CA2/M01
21-4P2-1T3/K01	21-571-SP1/M01			22-E10-1T1
21-4P2-1T3/U01	21-571-VE2/M01			22-E20-1T1
21-4P2-1T4	21-571-VE3/M01			
21-4P2-1T4/K01	21-572-EC1/M01			
21-4P2-1T4/U01	21-572-SP1/M01			
21-4P2-1T5	21-572-VE1/M01			
21-4P2-1T6	21-572-VE2/M01			
21-4P2-1T7	21-572-VE3/M01			
21-4P3-1M1	21-591-EC1/M01			
21-4P3-1M1/C01	21-592-EC1/M01			
21-4P3-1M2	21-593-EC1/M01			
21-4P3-1M2/C01	21-594-EC1/M01			
21-4P3-1M3	21-5C3-1M1			
21-4P3-1M3/C01	21-5C3-1M1/U01			
21-4P3-1M4	21-5P0-1M1			
21-4P3-1M4/C01	21-5P0-1M1			
21-4P3-1T1	21-5P0-1M1/CP1			
21-4P3-1T2	21-5P0-1M2			
21-4P3-1T3	21-5P0-1M2/CP1			
21-4P3-1T4	21-5P0-1M3			
	21-5P0-1M3/CP1			
	21-5P0-1M4			
	21-5P0-1M4/CP1			
	21-5P0-1M5			
	21-5P0-1M5			
	21-5P0-1T1			
	21-5P1-1M1			

CONCLUSIONES

1. Se seleccionaron todos los equipos que deben integrar el programa de Monitoreo de Condiciones de acuerdo al criterio del efecto que tienen las fallas en los procesos de producción y con esto se concluye que habrá un 57% más de equipos (con respecto de los que actualmente se monitorean) los cuales estarán afectos a Monitoreo de Condiciones.
2. Con la integración de los nuevos equipos al programa de Monitoreo de Condiciones el Departamento de Mantenimiento Predictivo, cumplirá de manera efectiva con la tarea que desempeña, logrando una cobertura total de equipos, recopilando y registrando la información, analizando y creando diagnósticos del estado de cada uno de ellos.
3. Con la aplicación de las técnicas de Monitoreo de Condiciones se puede lograr una disminución de los costos totales de mantenimiento, pues el mantenimiento preventivo es efectivo pero poco eficiente.
4. Se logrará un mejor aprovechamiento de la mano de obra disponible en el Departamento de Mantenimiento Predictivo.
5. Con la unificación de criterios para todas las áreas se podrán programar coordinar y ejecutar de mejor manera las actividades.

6. En la evaluación realizada se considera que se puede mejorar el actual programa de monitoreo de condiciones en un 12%, en lo que respecta a cultura evaluación de equipos y datos.

RECOMENDACIONES

Al Departamento de Mantenimiento Predictivo

1. Cumplir con cada una de las actividades programadas y darle el seguimiento adecuado para verificar que se mantenga la ruta hacia las metas.

Al Departamento de Mantenimiento Mecánico

2. Implementar un programa para mejorar la coordinación entre el Departamento de Mantenimiento Predictivo y las áreas de procesos, para que se pueda lograr que las actividades de mantenimiento se realicen en base a los diagnósticos de Monitoreo de Condiciones.
3. Marcar en los indicadores de presión y temperaturas, los niveles máximos y mínimos de operación, y lograr que cualquier persona pueda identificar si la operación de los equipos es normal y pueda reportar cualquier anomalía.

Al Departamento de Lubricación

4. Colocar y marcar los indicadores de nivel de aceites en cada uno de los equipos que así lo requieren, para poder identificar el nivel normal en el cual puede operar, con seguridad, dicho equipo.

A los Superintendentes

5. Revisar y actualizar la criticidad asignada en SAP a los equipos, para todas las áreas, puesto que algunos equipos se encuentran mal clasificados, y provoca que no se les preste la atención de debida.

APÉNDICE A1

Tabla XXVIII Listado de equipos para marcaje de indicadores visuales

LISTADO DE EQUIPOS PARA MARCAJE DE NIVELES DE ACEITE			
21-212-4Q1	Martillo hidráulico teledyne	21-391-CA6	Bomba lubricadora del compresor
21-323-AH1	Sist. De lub. acoplamiento hidráulico	21-391-CA7	Bomba lubricadora del compresor
21-323-AK6	Acople hidráulico	21-391-CA8	Bomba lubricadora del compresor
21-443-AKA	Acople hidráulico	21-392-CA1	Bomba lubricadora
21-211-AP2	Sistema de lubricación de reductor	21-392-CA2	Bomba lubricadora
21-291-AP1	Reductor de banda transportadora	21-392-CA3	Bomba lubricadora
21-311-AP9	Reductor de movimiento de cadena	21-411-CA1	Bomba lubricadora
21-313-AP4	Freno del reductor	21-411-CA2	Bomba lubricadora
21-323-AP2	Reductor del separador	21-411-CA3	Bomba lubricadora
21-361-AP1	Reductor symetro	21-411-CA4	Bomba lubricadora
21-362-AP1	Reductor symetro	21-412-CA3	Bomba lubricadora
21-393-AP1	Reductor principal del elevador	21-412-CA4	Bomba lubricadora
21-433-AP1	Acople hidráulico	21-412-CA5	Bomba lubricadora
21-461-AP1	Reductor principal del horno no.1	21-413-CA1	Soplador sutorbilt (caja de engranes)
21-462-AP1	Reductor principal del horno no.2	21-413-CA2	Soplador sutorbilt (caja de engranes)
21-463-AP1	Reductor principal no.1	21-413-CA3	Soplador sutorbilt (caja de engranes)
21-463-AP2	Reductor principal no.2	21-421-CA1	Compresor de enfriamiento
21-492-AP2	Reductor del elevador de canjilones	21-421-CA2	Compresor de enfriamiento
21-493-AP3	Acople hidráulico	21-422-CA1	Compresor de enfriamiento
21-493-AP4	Acople hidráulico	21-422-CA2	Compresor de enfriamiento
21-510-AP1	Reductor del roller press	21-431-ca1	Tanque de bomba lubricadora de compresor
21-513-AP2	Acople hidráulico	21-432-ca1	Bomba lubricadora
21-513-AP4	Acople hidráulico	21-432-ca2	Lubricador compresor
21-513-AP5	Acople hidráulico	21-433-caz	Soplador roots, (caja de engranajes)
21-534-AP4	Freno del reductor	21-443-ca1	Compresor de tornillo
21-534-AP7	Freno del reductor	21-460-ca1	Compresor para equipo de lubricación

Tabla XXVIII Listado de equipos para marcaje de indicadores visuales

(Cont.)

21-561-AP1	Reductor symetro	21-561-ca1	Compresor embrague molino
21-562-AP1	Reductor symetro	21-d33-ca1	Compresor de tornillo
21-563-AP3	Reductor del separador	21-d33-ca2	Compresor de tornillo
21-564-AP2	Reductor flender del separador	21-d33-ca3	Compresor de tornillo
21-591-AP3	Freno del reductor	21-d33-ca4	Compresor de tornillo
21-592-AP2	Freno del reductor	21-591-cm1	Vaso lubricador
21-592-AP3	Freno del reductor	21-591-cm3	Vaso lubricador
21-593-AP4	Reductor principal del elevador	21-291-cs1	Freno del reductor
21-610-AP2	Freno del reductor principal	21-291-cs2	Tricket tensor de faja
21-643-AP1	Freno del elevador	21-k93-cs1	Freno del reductor
21-644-AP1	Freno del elevador	21-292-cv1	Zaranda vibratoria
21-L21-AP2	Acople hidráulico	21-323-ec1	Freno del elevador reductor principal
21-L41-AP1	Reductor del molino	21-433-ec1	Freno del elevador
21-L43-AP1	Reductor del molino	21-510-ec1	Acople hidráulico
21-443-AS1	Tanque del sistema hidraulicao	21-510-ec2	Acople hidráulico
21-212-BA3	Bomba reductor	21-594-ec1	Acople hidráulico
21-361-BM1	Bomba lub. Chumacera lado carga	21-612-ec1	Freno del reductor principal
21-361-BM2	Bomba lub. Chumacera lado descarga	21-643-ec1	Acople hidráulico
21-362-BM1	Bomb. Lub. Chumacera	21-644-ec1	Acople hidráulico
21-362-BM2	Bomb. Lub. Chumacera	21-323-el1	Sist lubricación rodillos
21-563-BMI	Bomba de inyeccion de agua	21-323-el2	Sistema de lubricación reductor flender
21-563-BMJ	Bomba de inyeccion de aditivo	21-563-el2	Sist. De lub. De rodillos del molino
21-652-BM1	Sistema hidráulico	21-563-el3	Sist. De lub. De cojinetes del separador
21-652-BM2	Sistema hidráulico	21-563-el4	Sistema de lubricación de reductor
21-211-CA1	Compresor de tornillo	21-564-el2	4 centrales de lubricacion
21-361-CA1	Compresor embrague molino	21-564-el3	Equipo lubricacion de cojinetes del separador
21-362-CA1	Compresor embrague molino	21-564-el4	Reductor flender kmp 620
21-391-CA1	Bomba lubricadora del compresor	21-361-mb1/m01	Chumaceras del motor
21-391-CA2	Bomba lubricadora del compresor	21-362-mb1/m01	Chumacera del motor
21-391-CA3	Bomba lubricadora del compresor	21-561-mb1	Chumaceras del molino

Tabla XXVIII Listado de equipos para marcaje de indicadores visuales

(Cont.)

21-391-CA4	Bomba lubricadora del compresor	21-561-mb1/m01	Chumaceras del motor
21-562-MB1/M01	Chumaceras del motor	21-490-TK1	Acople hidráulico
21-563-MR1/M01	Cojinetes del motor	21-490-TK2	Acople hidráulico
21-564-MR1/M01	Cojinetes del motor	21-490-TK3	Freno de cadena de transporte
21-212-RT1	Sistema hidrosset	21-510-TK4	Acople hidráulico
21-212-RT2	Sistema lubricación	21-493-tp3	Acople hidráulico
21-292-RT1	Tanque del hidrosset	21-323-ve2	Cojinetes del ventilador
21-292-RT2	Tanque de lubricación	21-371-ve2	Cojinetes del ventilador
22-461-RT1	Tanque de aceite	21-372-ve2	Cojinetes del ventilador
21-211-SH1	Unidad hidráulica	21-421-ve1	Cojinetes del ventilador
21-211-SH2	Freno hidráulico johnson	21-421-ve2	Cojinetes del ventilador
21-291-SH1	Cilindro hidráulico levantador	21-422-ve1	Cojinetes del ventilador
21-311-SH1	Sistema hidráulico	21-443-ve1	Cojinetes del ventilador
21-311-SH2	Sist. Hidráulico (freno)	21-481-ve1	Cojinetes del ventilador
21-323-SH1	Sist. Hidráulico de rodillos	21-482-ve1	Cojinetes del ventilador
21-463-SH1	Sistema hidráulico del rodo tope	21-563-ve1	Cojinetes de motor
21-473-SH1	Sistema hidráulico de parrillas de enfriadora	21-564-ve1	Cojinetes del ventilador
21-510-SH1	Sistema hidráulico	21-564-ve1/m01	Chumacera del motor
21-563-SH1	Depósito sistema hidráulico	21-412-SR6	Soplador roots, (caja de engranajes)
21-564-SH1	Depósito sistema hidráulico	21-412-SR7	Soplador sutorbilt (caja de engranes)
21-653-SH1	Sist. Hidráulico	21-412-SR8	Soplador sutorbilt (caja de engranes)
21-654-SH1	Sistema hidráulico	21-412-SR9	Soplador sutorbilt (caja de engranes)
21-L41-SH1	Sist. Hidráulico accionamiento de capletas	21-480-SR1	Soplador sutorbilt (caja de engranes)
21-L43-SH1	Sist. Hidráulico accionamiento de capletas	21-481-SR1	Soplador sutorbilt (caja de engranes)
21-371-SR1	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	21-482-SR1	Lubricación de soplador
21-371-SR3	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	21-483-SR1	Lubricación de soplador
21-372-SR1	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	21-561-SR1	Soplador de reguera
21-372-SR2	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	21-562-SR1	Soplador de reguera
21-391-SR1	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	21-612-SR1	Soplador roots, (caja de engranajes)

Tabla XXVIII Listado de equipos para marcaje de indicadores visuales

(Cont.)

21-411-SR1	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	21-621-SR1	Soplador roots, (caja de engranajes)
21-411-SR3	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	21-622-SR1	Soplador roots, (caja de engranajes)
21-411-SR4	Soplador roots, (caja de engranajes)	21-641-SR1	Caja de nivel
21-411-SR5	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	22-461-SR1	Soplantes
21-411-SR6	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	22-461-SR2	Soplantes
21-411-SR7	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	22-461-SR3	Soplantes
21-412-SR3	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	22-481-SR1	Soplantes
21-412-SR4	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	22-481-SR2	Soplantes
21-412-SR5	Soplador sutorbilt (caja de engranes)	22-481-SR3	Soplantes
		22-481-SR4	Soplantes

BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone, Eugene A. Baumeister, Theodore III. **Manual del Ingeniero Mecánico MRKS**, 3ª. Edición, Editorial McGraw-Hill 1195.
2. Crhistensen, Claudio. **Planificación del Mantenimiento**, julio 2003.
3. Levitt, Joel. **Preventive and Productive Maintenance**, Industrial Press Inc. New York 2003.
4. **Manual de Mantenimiento**, División Sector industria y de la Construcción, Divulgación Tecnológica Santa Fe de Bogotá, 1991.
5. Narayan, V. **Effective Maintenance Management**, Risk and Reliability Strategies for Optimizing Performance. Industrias Press Inc. New York 2003.
6. Wowk, Victor, **Machinery and Vibration Measurement and Análisis**, Editorial McGraw-Hill, Inc. 1991.

Programa de Lubricación

El programa de lubricación se debe ajustar en base a los resultados del análisis de aceites para mejorar la eficiencia con respecto a recambios de lubricantes basados en periodos de tiempo.

Recomendaciones:

En lugares en donde se cuenta con bayoneta para medir el nivel de lubricante, es recomendable cambiar por mirilla de nivel, ya que esto hace que durante la inspección tome menos tiempo, así como también evitar la entrada de elementos extraños tales como polvo, manteniendo el lubricante en las condiciones de limpieza requeridos. A su vez es de gran ayuda el marcar los niveles de aceite a los cuales el equipo debe operar, tanto como el mínimo y máximo cuando se encuentre parado. Dentro de las rutinas de inspección de los lubricadores, deberá contarse con un termómetro láser para verificar las temperaturas después de cada reengrase, así como medir el perfil de temperaturas en las transmisiones de piñón corona. Es necesario el replantear las rutinas de lubricación en el sistema SAP, ya que actualmente no contienen una descripción detallada de la tarea dejándose mas bien a la experiencia del lubricador.

Análisis de aceite

la información obtenida por conducto del lubricante, esto sin duda es una buena práctica, sin embargo para que el responsable de lubricación entienda que pasa con cada uno de los lubricantes instalados, además de poder medir el desempeño del lubricante y a su vez proponga alternativas de solución en problemas específicos ocasionados por la falta de un correcto desempeño de los lubricantes es necesario que reciba esta información de primera mano para que haga una interpretación de los resultados, sin perder la comunicación con el responsable de inspección, ya que ambos deberán seguir trabajando con

una visión global y compartida de lo que pasa en cada uno de los equipos, y así lograr detectar las fallas a una edad temprana.