



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

**DISEÑO DE PROGRAMA PARA MONITOREO DE CONDICIÓN
DEL EQUIPO, EN EL DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN
INDUSTRIAL EN LA PLANTA EMPACADORA TOLEDO, S. A.**

Geani Werner Caal Portocarrero

Asesorado por el Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma

Guatemala, junio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PROGRAMA PARA MONITOREO DE CONDICIÓN
DEL EQUIPO, EN EL DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN
INDUSTRIAL EN LA PLANTA EMPACADORA TOLEDO, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GEANI WERNER CAAL PORTOCARRERO
ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANIBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz |
| VOCAL V | Br. Sergio Alejandro Donis Soto |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Luis Alfredo Asturias Zúniga |
| EXAMINADOR | Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco |
| EXAMINADOR | Ing. Gerson Rafael López Chen |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PROGRAMA PARA MONITOREO DE CONDICIÓN DEL EQUIPO, EN EL DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN INDUSTRIAL EN LA PLANTA EMPACADORA TOLEDO, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería mecánica, con fecha 14 de agosto de 2013.



Geani Werner Caal Portocarrero



Guatemala, 28 de noviembre de 2013
REF.EPS.DOC.1298.11.13.

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Geani Werner Caal Portocarrero** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200413780, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE PROGRAMA PARA MONITOREO DE CONDICIÓN DEL EQUIPO, EN EL DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN INDUSTRIAL EN LA PLANTA EMPACADORA TOLEDO, S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chicoy Coloma



c.c. Archivo
CACC/ra



Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO DE PROGRAMA PARA MONITOREO DE CONDICIÓN DEL EQUIPO, EN EL DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN INDUSTRIAL EN LA PLANTA EMPACADORA TOLEDO, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Geani Werner Caal Portocarrero** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS



JMC/ra



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Director del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación, **DISEÑO DE PROGRAMA PARA MONITOREO DE CONDICIÓN DEL EQUIPO, EN EL DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN INDUSTRIAL EN LA PLANTA EMPACADORA TOLEDO, S.A.**, del estudiante **Geani Werner Caal Portocarrero**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio', written over a horizontal line.

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, enero de 2014.

JCCP/behdei



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.El.Mecánica 120.2014
Guatemala 10 de junio de 2014

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Rodríguez:

Por este medio le informo que el tema del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) DISEÑO DE PROGRAMA PARA MONITOREO DE CONDICIÓN DEL EQUIPO, EN EL DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN INDUSTRIAL EN LA PLANTA EMPACADORA TOLEDO, S.A. Presentado por el estudiante **Geani Werner Caal Portocarrero**, previo a optar al título de ingeniero Mecánico, ha sido autorizado por esta Dirección

Sin otro particular.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica

c.c: Archivo

JC/mjm

MA Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR
Esc. Ingeniería Mecánica

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 276.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE PROGRAMA PARA MONITOREO DE CONDICIÓN DEL EQUIPO, EN EL DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN INDUSTRIAL EN LA PLANTA EMPACADORA TOLEDO, S. A.,** presentado por el estudiante universitario **Geani Werner Caal Portocarrero**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 11 de junio de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** En su infinita misericordia por mantenerme en sus caminos y por la sabiduría, el amor y la paciencia; logrando un éxito más.
- Mis padres** Inocente Leticia Portocarrero Pérez, por darme la vida y estar siempre pendiente de mi crecimiento y por el amor incondicional de mamá. Alberto Caal por colocar esa semilla.
- Mis hermanas** Sonia Maribel y Yubictza Yaneth por apoyarme y por el esfuerzo hecho en cada momento de la carrera, su apoyo y paciencia.
- Mis tíos** Carlos Salvatierra Santos, por abrir las puertas de su casa y compartir el amor de padre. Consuelo Reyna Portocarrero Pérez, por guiarme en los caminos del señor y por mantenernos unidos en circunstancias difíciles.
- Mis primos** Luis Alberto, Carlos Eduardo y Heyner Alejandro Salvatierra Portocarrero, por darme un espacio en su casa, por compartir a sus padres y por crecer juntos. Rosa Elvira y Oswaldo Sagastume Portocarrero, por ser parte de la familia del crecimiento de un hogar cálido.

Mi padrasto

Eleazar Gonzalez, por el apoyo brindado a mi persona y por el aprecio dado a mi mamá.

Familiares

El espacio brindado en su hogar cuando empezaba un camino hacia un objetivo. Por su comprensión y paciencia en momentos buenos y malos.

Compañeros

Los de estudios en la carrera por su apoyo en las diferentes actividades de cada año. Los de trabajo por compartir su conocimiento y disfrutar momentos alegres.

Monte Horeb

La enseñanzas para abrir el corazón y a los jóvenes por sus explicaciones, buscando siempre el acercarme a Dios.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por abrir las puertas hacia un conocimiento buscando formar profesionales con mejores oportunidades. |
| Facultad de Ingeniería | Por cada ingeniero, en los distintos cursos dados con esmero y paciencia, aprendiendo a través de las explicaciones en las aulas. |
| Mis amigos de la Facultad | Erick Espinoza, Daniel Mazariegos, Carlos Salvatierra, Luis Salvatierra, Hagi Ical, etc. |
| Molinos Modernos, S. A. | Por darme la oportunidad de conocer sus instalaciones, iniciando la practica final en el Área de Mantenimiento. |
| Instituto Nacional de Electrificación | Por la oportunidad de conocer las empresas generadores de energía eléctrica y por formar parte de su personal en la etapa final del proyecto. |

**Aceros de Guatemala,
S. A.**

Por darme la oportunidad de desarrollar el proyecto, que ayudó a mejorar las condiciones seguras, y lugares más limpios en las diferentes áreas de trabajo.

**Empacadora Toledo,
S. A.**

Por la oportunidad para poder desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado en el área de Conservación Industrial y por tomarme en cuenta para formar parte de la empresa.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | XV |
| GLOSARIO..... | XVII |
| RESUMEN..... | XXIII |
| OBJETIVOS..... | XXV |
| INTRODUCCIÓN..... | XVII |
| | |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN..... | 1 |
| 1.1. Descripción de la empresa..... | 1 |
| 1.1.1. Ubicación..... | 1 |
| 1.1.2. Historia..... | 2 |
| 1.1.3. Misión..... | 2 |
| 1.1.4. Visión..... | 3 |
| 1.1.5. Valores..... | 3 |
| 1.1.6. Organigrama..... | 3 |
| 1.2. Descripción de las diferentes áreas de proceso..... | 4 |
| 1.2.1. Descripción del Área de Jamones (producción, fabricación y empaque)..... | 5 |
| 1.2.2. Descripción del Área de Salchicha (producción, fabricación y empaque)..... | 7 |
| 1.2.3. Descripción del Área de Formados (producción, fabricación y empaque)..... | 9 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1.3. | Tipos de mantenimiento..... | 10 |
| 1.3.1. | Mantenimiento preventivo..... | 10 |
| 1.3.2. | Mantenimiento correctivo..... | 11 |
| 1.3.3. | Mantenimiento predictivo..... | 11 |
| 1.4. | Importancia de mantenimiento predictivo..... | 12 |
| 1.4.1. | Ventajas del mantenimiento predictivo..... | 12 |
| 1.5. | Generación de órdenes de trabajo..... | 13 |
| 1.5.1. | Orden de mantenimiento preventivo..... | 15 |
| 1.5.2. | Orden de mantenimiento correctivo..... | 18 |
| 1.5.3. | Orden de mantenimiento VOSO..... | 21 |
| 1.5.4. | Orden de mantenimiento emergente..... | 23 |
| 1.6. | Monitoreo de condición..... | 26 |
| 1.6.1 | Definición..... | 26 |
| 1.6.2 | Elementos que integran un programa de monitoreo de condición..... | 27 |
| 1.6.3 | ¿Como se usa efectivamente?..... | 28 |
| 1.6.4 | Ultrasonido..... | 30 |
| 1.6.5 | Termografía..... | 32 |
| 1.6.6 | Monitoreo de vibraciones..... | 36 |
| 1.7 | Producción más limpia..... | 40 |
| 1.7.1. | Utilización del agua en el proceso de limpieza de la ubicación y enfriamiento de equipos en el área..... | 40 |
| 1.7.2. | Forma de recuperación y recirculación del agua..... | 42 |
| 1.7.3. | Medidas para el ahorro de agua..... | 44 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 2. | FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL..... | 47 |
| 2.1. | Integración de un programa de mantenimiento..... | 47 |
| 2.2. | Definición de rutas de inspección, tipos de formatos y procedimiento..... | 47 |
| 2.2.1. | VOSO..... | 48 |
| 2.2.2. | Temperatura..... | 50 |
| 2.2.3. | Ultrasonido..... | 54 |
| 2.2.4. | Termografía..... | 57 |
| 2.2.5. | Vibraciones..... | 60 |
| 2.2.6. | Rutas consideradas para las distintas técnicas a aplicar en equipos críticos..... | 64 |
| 2.3. | Total de equipos propuestos para el programa de monitoreo de condición..... | 78 |
| 2.3.1. | Datos..... | 79 |
| 2.3.2. | Equipos en que es posible la aplicación de termografía y ultrasonido..... | 80 |
| 2.3.3. | Identificación y señalización de los equipos en los que se aplicará cada técnica de monitoreo de condición a través de equipo predictivo..... | 83 |
| 2.4. | Señalizar el punto en el cual se tomarán las mediciones.. | 89 |
| 2.4.1. | Agujero pasante para adaptadores largos... | 90 |
| 2.4.2. | Adaptador con contratuerca..... | 90 |
| 2.4.3. | Punto de medición en vibraciones mecánicas equipos a monitorear..... | 91 |
| 2.5. | Definición de los puntos de medición..... | 93 |
| 2.6. | Control y registro | 107 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 2.6.1. | Hojas de verificación para la comprobación de los muestreos..... | 108 |
| 2.7. | Listado de equipos críticos y partes que lo integran..... | 112 |
| 2.8. | Integración del ultrasonido y la termografía al programa de mantenimiento de la empresa..... | 115 |
| 2.9. | Integración del análisis de vibraciones al programa de mantenimiento de la empresa..... | 117 |
| 2.10. | Frecuencia para el análisis de ultrasonido, termografía y vibraciones para cada componente de máquina..... | 118 |
| 3. | FASE DE DOCENCIA..... | 137 |
| 3.1. | Realización de una presentación como apoyo para programa de capacitación..... | 137 |
| 3.1.1. | Conceptos básicos..... | 137 |
| 3.2. | Termografía en la prevención de fallas..... | 143 |
| 3.2.1 | Termografía..... | 144 |
| 3.2.2 | Aplicaciones de termografía..... | 144 |
| 3.2.3 | Ventajas de la termografía..... | 147 |
| 3.3. | Ultrasonido en la prevención de fallas..... | 147 |
| 3.3.1 | Ultrasonido..... | 148 |
| 3.3.2 | Aplicaciones del ultrasonido..... | 148 |
| 3.3.3 | Ventajas del ultrasonido..... | 149 |
| 3.4. | Resultado esperado en la alimentación de la base de datos conforme se establezca formalmente el uso de los equipos predictivos..... | 149 |

| | |
|----------------------|-----|
| CONCLUSIONES..... | 151 |
| RECOMENDACIONES..... | 153 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 155 |
| APÉNDICE..... | 159 |
| ANEXOS..... | 171 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Ubicación de planta Empacadora Toledo, S. A..... | 1 |
| 2. | Formación del Departamento de Conservación Industrial de la planta Toledo..... | 4 |
| 3. | Molino tornillo (molino) weiler/1109, (producción jamones)..... | 5 |
| 4. | Proceso de fabricación jamones, Empacadora Toledo, S. A..... | 7 |
| 5. | Proceso de salchicha realizado a travez de los diferentes equipos..... | 8 |
| 6. | Proceso en el Área de Formados (líneas 1 y 2)..... | 10 |
| 7. | Orden de trabajo generada en el programa Máximo..... | 14 |
| 8. | Orden de trabajo preventiva, generada por el programa Máximo CA-001 compresor de tornillo aire comprimido, sullair..... | 17 |
| 9. | Orden de trabajo de tipo correctivo planificado, planta Toledo. BV-007 bomba de vacío, busch..... | 20 |
| 10. | Orden de trabajo preventiva VOSO 106 exteriores, inspección general del Área Refrigeración..... | 22 |
| 11. | Ejemplo de mantenimiento emergente, planta Toledo. EM-003 empanizadora, <i>fully cooked</i> , Área Formado..... | 25 |
| 12. | Ciclo Monitoreo de Condición..... | 28 |
| 13. | Ejemplo de ultrasonido a bomba de agua..... | 32 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 14. | Ejemplo de puntos de toma de vibraciones..... | 39 |
| 15. | Fuentes principales, uso del agua en la planta Toledo..... | 42 |
| 16. | Sistema de enfriamiento para máquina SV-004 empacadora de vacío continuo (selladora). Sistema anterior..... | 43 |
| 17. | Sistema de enfriamiento para máquina SV-004 empacadora de vacío continuo (selladora). Sistema posterior..... | 43 |
| 18. | Equipo sistema de refrigeración marca Frick, compresor de tornillo..... | 50 |
| 19. | Ejemplo de varios estilos de termómetros infrarrojos..... | 51 |
| 20. | Ejemplo de medición de temperatura..... | 52 |
| 21. | Menú principal de equipo ultrasonido UP 10 000..... | 54 |
| 22. | Equipo de ultrasonido UP 10 000..... | 55 |
| 23. | Vista de cámara termográfica de la serie T200, Flir Systems..... | 58 |
| 24. | Ejemplo de aplicación de termografía..... | 58 |
| 25. | Ejemplo de medición de vibración..... | 62 |
| 26. | Identificación de maquinarias y sistemas para aplicación de termografía y ultrasonido..... | 84 |
| 27. | Identificación de maquinarias y sistemas para aplicación de termografía y ultrasonido | 86 |
| 28. | Punto de medición para un motor eléctrico..... | 90 |
| 29. | Punto de medición para un motor eléctrico..... | 91 |
| 30. | Puntos de medición y frecuencias de medición en equipos a monitorear..... | 92 |
| 31. | Vista general del sistema de compresores de refrigeración marca Frick, equipos considerados críticos para el monitoreo..... | 116 |
| 32. | Intervalo P – F..... | 141 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 33. | Selección de la tecnología con el P-F más largo..... | 142 |
| 34. | Frecuencia ideal de muestreo..... | 143 |
| 35. | Ejemplo de termografía, tablero eléctrico dist. inyectores cocina, ubicación: Área de Calderas TD-010..... | 146 |

TABLAS

| | | |
|-------|--|----|
| I. | Responsabilidad y autoridad..... | 16 |
| II. | Detalle del ciclo Monitoreo de Condición..... | 29 |
| III. | Clasificación de fallas según NETA..... | 33 |
| IV. | Consideraciones generales para la técnica de termografía a personal capacitado..... | 35 |
| V. | Tipos de sensores utilizados en la medición de vibraciones..... | 38 |
| VI. | Consumo de agua para los años 2012 y 2013 dados en galones/libras..... | 45 |
| VII. | Indicar de consumo de agua en la planta..... | 47 |
| VIII. | Formato para la inspección VOSO..... | 49 |
| IX. | Formato temperatura..... | 53 |
| X. | Formato ultrasonido..... | 56 |
| XI. | Formato inspecciones termografía..... | 59 |
| XII. | Niveles aceptables del equipo de acuerdo a colores..... | 62 |
| XIII. | Formato vibraciones..... | 63 |
| XIV. | Exteriores segundo nivel (arriba lavado de canastas)..... | 65 |
| XV. | Exteriores 1er y 2do nivel (compresores Frick)..... | 65 |
| XVI. | Exteriores techo (lado oficinas administrativas)..... | 66 |
| XVII. | Talleres (caldera)..... | 66 |

| | | |
|----------|---|----|
| XVIII. | Exteriores entretecho (bombas de vacio)..... | 67 |
| XVIX. | Embutidos salchicha (fabricación)..... | 67 |
| XX. | Embutidos salchicha (cocina)..... | 67 |
| XXI. | Embutidos salchicha (empaques)..... | 68 |
| XXII. | Embutidos jamones (fabricación/producción/cocina)..... | 68 |
| XXIII. | Embutidos jamones (empaques)..... | 68 |
| XXIV. | Formados (producción/fabricación)..... | 69 |
| XXV. | Formados (producción)..... | 69 |
| XXVI. | Formados (producción)..... | 70 |
| XXVII. | Formados (empaques)..... | 70 |
| XXVIII. | Cafetería (comedor principal)..... | 70 |
| XXIX. | Cámaras (evaporadores 10, 26 y 34)..... | 71 |
| XXX. | Áreas comunes (pasillo lado B)..... | 71 |
| XXXI. | Subestación (SE-003, 2 MVA)..... | 72 |
| XXXII. | Exteriores 2do nivel (lavado de canastas)..... | 72 |
| XXXIII. | Exteriores 2do nivel (compresores Frick)..... | 73 |
| XXXIV. | Áreas comunes (pasillo formados)..... | 74 |
| XXXV. | Talleres (área caldera/soldadura)..... | 74 |
| XXXVI. | Exteriores (compresores Frick)..... | 75 |
| XXXVII. | Exteriores (subestación 1 MVA y 630 KVA)..... | 75 |
| XXXVIII. | Áreas comunes (cuarto del generador)..... | 76 |
| XXXIX. | Exteriores (acometidas principales en calle)..... | 76 |
| XL. | Áreas comunes (pasillo lado A)..... | 77 |
| XLI. | Oficinas administrativas (1er y 2do nivel)..... | 78 |
| XLII. | Exteriores (torre toledo/deposito bunker)..... | 78 |
| XLIII. | Listado general de equipos propuestos para el programa de Monitoreo de Condición..... | 79 |

| | | |
|--------|--|-----|
| XLIV. | Tabla resumen de aplicación de termografía y ultrasonido..... | 82 |
| XLV. | Detalle de las áreas del primer nivel de los equipos en la planta Toledo..... | 85 |
| XLVI. | Detalle de las áreas del segundo nivel de los equipos en la planta Toledo..... | 87 |
| XLVII. | Cantidad y tipos de componentes en los sistemas de Empacadora Amatitlán..... | 89 |
| XLVIII | Compresor tornillo aire comprimido (compresor) Sullair Corporation/LS-10 25H AC..... | 94 |
| XLIX. | Compresor tornillo aire comprimido (compresor) Sullair Corporation/LS-10 25H AC..... | 95 |
| L. | Intercambiador caldera de vapor (caldera) York shipley /SPHV-200-6 2000175..... | 96 |
| LI. | Intercambiador caldera de vapor (caldera) York shipley/SPHV-200-6 2000175..... | 97 |
| LII. | Intercambiador caldera de vapor (caldera) York shipley/SPHV-200-6 2000175..... | 98 |
| LIII. | Compresor tornillo refrigeración (koppens) Frick company/TDSH 233S..... | 99 |
| LIV. | Compresor tornillo refrigeración (koppens) Frick company/TDSH 233S..... | 100 |
| LV. | Compresor reciprocante (compresor) sabroe/SMC106L..... | 101 |
| LVI. | Compresor reciprocante (compresor) sabroe/SMC106L..... | 102 |
| LVII. | Intercambiador torre de enfriamiento (torre vilter) C&R/XLP S520..... | 103 |
| LVIII. | Tablero eléctrico dist. TD-1400 277-480V CCB refrigeración..... | 104 |

| | | |
|----------|---|-----|
| LIX. | Cortadora cutter (cutter) CFS/VSM500, motor eléctrico..... | 105 |
| LX. | Cortadora cutter (cutter) CFS/VSM500, eje de cuchillas..... | 106 |
| LXI. | Hoja de inspección para ultrasonido..... | 107 |
| LXII. | Hoja de verificación para tableros eléctricos y electrónicos, a través de termografía..... | 109 |
| LXIII. | Hoja de inspección de vibraciones a equipos críticos realizado por empresa externa NILS PIRA Y CIA S.A..... | 110 |
| LXIV. | Descripción de los componentes de los equipos críticos a ser inspeccionados..... | 111 |
| LXV. | Ruta crítica 1, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 113 |
| LXVI. | Ruta crítica 2, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 120 |
| LXVII. | Ruta crítica 3, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 121 |
| LXVIII. | Ruta crítica 4, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 121 |
| LXIX. | Ruta crítica 5, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 122 |
| LXX. | Ruta crítica 6, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 123 |
| LXXI. | Ruta crítica 7, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 123 |
| LXXII. | Ruta crítica 8, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 124 |
| LXXIII. | Ruta crítica 9, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 124 |
| LXXIV. | Ruta crítica 10, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 125 |
| LXXV. | Ruta crítica 11, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 125 |
| LXXVI. | Ruta crítica 12, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 126 |
| LXXVII. | Ruta crítica 13, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 127 |
| LXXVIII. | Ruta crítica 14, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 127 |
| LXXIX. | Ruta crítica 15, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 127 |
| LXXX. | Ruta crítica 16, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 128 |
| LXXXI. | Ruta crítica 17, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 128 |
| LXXXII. | Ruta crítica 18, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 129 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| LXXXIII. | Ruta crítica 19, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 129 |
| LXXXIV. | Ruta crítica 20, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 130 |
| LXXXV. | Ruta crítica 21, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 131 |
| LXXXVI. | Ruta crítica 22, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 132 |
| LXXXVII. | Ruta crítica 23, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 132 |
| LXXXVIII. | Ruta crítica 24, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 133 |
| LXXXIX. | Ruta crítica 25, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 133 |
| XC. | Ruta crítica 26, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 134 |
| XCI. | Ruta crítica 27, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 134 |
| XCII. | Ruta crítica 28, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 135 |
| XCIII. | Ruta crítica 29, frecuencias de monitoreo en la planta..... | 136 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------------|---|
| Gs | Aceleración, eje axial |
| dB | Decibel |
| ε | Emisividad de un cuerpo |
| E | Energía |
| °C | Grados Celsius |
| Hz | Hertz |
| Hp | Horse Power |
| P - F | Intervalo de tiempo, detección de falla |
| m³ | Metros cúbicos |
| mm/s | Milímetros sobre segundo, velocidad eje vertical y horizontal |
| MC | Monitoreo de condición |
| ρ | Reflectividad |
| Rpm | Revoluciones por minuto |
| T | Temperatura |
| τ | Transmisividad |
| V | Voltaje |

GLOSARIO

| | |
|--|---|
| Bomba de vacío | Dispositivo encargado de extraer moléculas de gas de un volumen sellado, formando un vacío parcial, también llegan a extraer sustancias no deseadas en el producto, sistema o proceso. |
| Chumacera | Pieza de metal o madera con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria. |
| Cojinete | Pieza de hierro con que se sujetan los carriles a las traviesas del ferrocarril. Pieza móvil de acero con limas o cortes en uno de los cantos, que sirve en las terrajas para labrar la espiral del tornillo. |
| Compresor de tornillo (refrigeración) | Clasificado como un compresor rotativo de desplazamiento positivo. Este compresor prensa mediante el movimiento continuo de los dos rotores al contrario que el compresor alternativo que comprime mediante el movimiento alternativo de los pistones alojados dentro de un cilindro. |

Compresor recíprocante

Llamado también recíproco, este tipo de compresor de gas que logra comprimir un volumen de gas en un cilindro cerrado, volumen que posteriormente es reducido mediante una acción de desplazamiento mecánico del pistón dentro del cilindro.

DIP

División Industrial Pecuaria.

Equipo crítico de calidad

Aquel que afecta la calidad del producto en proceso o terminado dentro del alcance de HACCP.

Equipo crítico de mantenimiento

Aquel que afecta el proceso tiene un alto nivel de mantenibilidad o no posee equipo redundante.

Evaporador

Al intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo. Durante el proceso de evaporación, el fluido pasa del estado líquido al gaseoso. Ejemplo sistemas de refrigeración en cámaras frigoríficas. El diseño, tamaño y capacidad depende de aplicación y carga térmica de cada uno.

| | |
|---|--|
| Falla del equipo | Problema o defecto que se presenta en un elemento del equipo o equipo auxiliar que afecta la calidad de servicio que este presta. |
| Frecuencias de mantenimiento | Intervalos de tiempo (periodicidad) entre cada una de las actividades de mantenimiento realizadas a un equipo. |
| Guía de trabajo de Mantenimiento | Descripción de las frecuencias y fechas de las tareas de inspección y mantenimiento a realizarse en equipos críticos. |
| HACCP | Análisis y Control de Puntos Críticos, (Hazard Analysis of Critical Control Points). |
| Inspección | Examen, reconocimiento atento de una característica física o condición de trabajo de un equipo. |
| Inspecciones VOSO | Inspección realizada diariamente en la planta de Amatitlán donde se evalúa con los sentidos de Ver, Oír, Sentir, Oler. |
| Mantenimiento | Es la segunda rama de la conservación y se refiere a los trabajos que son necesarios hacer con objeto de mejorar aspectos operativos de un establecimiento, proporcionando un servicio de calidad. |

| | |
|---------------------------------|--|
| Mantenimiento correctivo | Es la actividad desarrollada en las máquinas y equipos en planta Amatitlán cuando a consecuencia de una falla han dejado de prestar la calidad de servicio para la que fueron diseñadas. |
| Mantenimiento predictivo | Se encarga de monitorear la condición de operación del equipo rotatorio en planta Amatitlán y proporciona información a las diferentes áreas sobre las tendencias. |
| Mantenimiento preventivo | Es la actividad desarrollada en las máquinas y equipos en planta Amatitlán con el fin de asegurar que la calidad de servicio que éstos proporcionan permanezca dentro de los límites requeridos. |
| Monitoreo de condición | 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 del estado. |
| OT | Orden de Trabajo, documento que describe las actividades de mantenimiento específicas a ser ejecutadas en un equipo. |

| | |
|------------------------|--|
| Paro mayor | Mantenimiento en el que se realizan actividades particularmente especiales a un equipo crítico. |
| Programa Máximo | Sistema operativo para la gestión estratégica de activos y servicios de mantenimiento en Empacadora Toledo. |
| Punto de alarma | Nivel en el cual se sobrepasa la condición normal de operación de un equipo. |
| Retroalimentar | Proceso de compartir observaciones, preocupaciones y sugerencias, con la intención de recabar información, a nivel individual o grupal, para mejorar las actividades a realizar. |
| Termografía | Técnica que permite, a través de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos, la medida superficial de temperatura. |
| Ultrasonido | Es una onda acústica o sonora cuya frecuencia está por encima del espectro audible del oído humano (aproximadamente 20 000 Hz). |

Vibración

En física, química e ingeniería, movimiento repetido de un lado a otro en torno a una posición central, o posición de equilibrio. El recorrido que consiste en ir desde una posición extrema a la otra y volver a la primera, pasando dos veces por la posición central, se denomina ciclo. El número de ciclos por segundo, o Hertz (Hz), se conoce como frecuencia de la oscilación.

RESUMEN

La planta Empacadora Toledo, S. A. en Guatemala, cuenta con herramientas tecnológicas de gran ventaja hacia otras empresas de similares características, tomando como objeto de estudio la tecnología de ultrasonido y termografía. Para el trabajo de graduación realizado a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), tratando de explicar la aplicación de estas técnicas de evaluación de máquinas para la prevención de fallas inesperadas y de paros en maquinaria en las áreas de la planta Empacadora Toledo, S. A.

El ultrasonido podrá ser utilizado para la localización de fugas de aire comprimido en todo el sistema de la planta, también puede utilizarse en el funcionamiento de trampas de vapor de todo el sistema de vapor. La termografía podrá ser utilizada para la verificación de tableros eléctricos y electrónicos, subestaciones, transformadores, etc. obteniendo con esto la localización de puntos calientes en determinados componentes de estos equipos.

En ambos casos, se logró encontrar fallas en los sistemas que no habían sido percibidos, obteniendo con ello la inspección rápida y la solución inmediata por parte de los encargados de mantenimiento, previniendo así una falla a furo. Además, de lo mencionado anteriormente se observa los procesos dentro de la planta, logrando con ello hacer fichas generales de los equipos a ser analizados, determinando puntos de medición, se definieron las rutas en que serán realizadas las mediciones, se estableció la base de equipos y en algunos casos se tiene niveles de alarma de los equipos basados en normas o se puede ver en recomendaciones de los fabricantes.

Con base en el programa Máximo y personal de mantenimiento se logró recabar la información de los equipos críticos a considerar dentro de este desarrollo e inicio de monitoreo de condición. Como parte de apoyo fundamental al Departamento de Conservación Industrial.

OBJETIVOS

General

Diseñar el Programa de Monitoreo de Condición con una base general de equipo críticos, para la disponibilidad de máquinas en el Departamento de Conservación Industrial de la planta Empacadora Toledo, S. A. en Guatemala.

Específicos

1. Listar los principales equipos de acuerdo a su criticidad basado en software de mantenimiento y experiencia de jefes de grupo de la planta Toledo, siendo la base general de arranque del programa de monitoreo.
2. Definir las frecuencias con las que se realizarán las inspecciones a los equipos críticos para cada una de las áreas que tiene la planta.
3. Proponer las técnicas de monitoreo a ser utilizadas en los equipos, aplicando cada una según se considere necesario al equipo crítico, de acuerdo a que tan profundo se quiera llegar en el análisis.
4. Hacer uso de los equipos predictivos, para familiarizarse con las funciones principales del mismo, siendo la herramienta de apoyo para personal de mantenimiento, minimizando los paros en las diferentes áreas de la planta.

5. Apoyar a personal analista de falla en la inspección de equipos críticos por parte del Departamento de Mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

La empresa Empacadora Toledo, S. A. ha hecho diversos esfuerzos y ha emprendido actividades enfocadas en mantenimiento para la preservación de cada máquina dentro de la planta. Lo presentado en las siguientes páginas se relaciona con las técnicas para la gestión de mantenimiento en planta de proceso posterior. Con estas técnicas se busca mejorar la eficiencia en el programa de mantenimiento preventivo, procurando así disminuir diversas fallas y aumentar la disponibilidad de los equipos.

Con el objetivo de una mejor eficiencia en mantenimiento, se decidió el estudio de la situación actual de un programa de monitoreo de condiciones y presentar las recomendaciones para cumplir de manera efectiva los objetivos.

El documento cuenta con tres fases principales; la primera parte se hace una descripción de la empresa Empacadora Toledo, S. A., así como las diferentes áreas de la que está formada, órdenes de trabajo que se realizan en la planta y tipos de mantenimiento.

Luego en la segunda fase relacionado con el monitoreo de condición utilizando la técnicas de ultrasonido, termografía y vibración. Teoría de estas técnicas, formatos generales a seguir para realizar las inspecciones correspondientes, plano de las distintas máquinas, los diferentes elementos que integran la máquina para hacer las mediciones y el punto donde se debe de hacer la medición para poder llevar el control de cada uno de estos, las frecuencias con las que se consideran hacer cada inspección y el listado general de equipos.

En la última parte se trata de dar a conocer de forma general a personal de mantenimiento y a todo individuo que se relacione con equipos de la planta, los conceptos básicos de cada una de las técnicas que deben ser aplicadas en las diferentes áreas de la planta y donde se pueden utilizar los equipos predictivos sacando el mayor provecho de estas nuevas tecnologías que ofrecen un análisis de los equipos y sistemas, sin realizar paros en la producción, que ayudarán a analizar las razones por las cuales los equipos han tenido fallos. Sabiendo que la planta cuenta con equipo de ultrasonido y termografía, se esperaría iniciar a utilizar tan valiosa tecnología.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la empresa

Empresa perteneciente a la División Industrial Pecuaria de la Corporación Multi-Inversiones dedicada al ramo del procesamiento posterior.

1.1.1. Ubicación

La planta de producción de la División Industrial Pecuaria Empacadora Toledo S. A. se encuentra ubicada en el km 28 ruta al Pacífico, a unos 1,5 km adentro del municipio de Amatlán y se muestra en la figura 1.

Figura 1. **Ubicación de planta Empacadora Toledo, S. A.**



Fuente: Google Earth. Consulta: 2 de septiembre de 2013.

1.1.2. Historia

Empacadora Toledo, S. A. inició operaciones en 1972 como una extensión de Avícola Villalobos en la calzada Aguilar Batres de la zona 12 de la ciudad de Guatemala; empresa líder en el rubro de productos cárnicos embutidos; con equipo de última generación de tecnología de procesamiento, de origen europeo y norteamericano. La planta cuenta con la certificación HACCP (Hazard Analisis of Critical Control Points) que garantiza la inocuidad (libre de contaminación) de todos los productos que se elaboran en la planta.

Actualmente, la conforman las siguientes líneas de producción: formados de pollo (empanizados de pollo), embutidos jamones (jamones finos y populares, piernas ahumadas y carnes preparadas), embutidos salchichas (chorizos, longanizas y salchichas de cerdo y pollo) y recientemente se hizo una ampliación en la línea de formados, la cual se llama Formados 2 de pollo (producto especial). Toledo cubre el mercado centroamericano a excepción de Nicaragua y maquila productos para marcas reconocidas como Pollo Campero, Pollo Indio de El Salvador y Dominos Pizza, entre las más importantes.

1.1.3. Misión

“Somos un equipo de trabajo multidisciplinario, competitivo, motivado y comprometido, que se desempeña en las áreas productivas y de apoyo de las plantas de procesamiento posterior de DIP. Nuestro propósito fundamental es satisfacer las expectativas de nuestros clientes e inversionistas con productos y servicios de alta calidad. A través de nuestra eficiencia y mejora continua, apoyados en nuestros valores corporativos”.

1.1.4. Visión

“Consolidarnos como la empresa modelo de alimentos procesados que garanticen el suministro de productos de las marcas líderes de DIP satisfaciendo las expectativas del cliente y alcanzando una alta rentabilidad para los accionistas”.

1.1.5. Valores

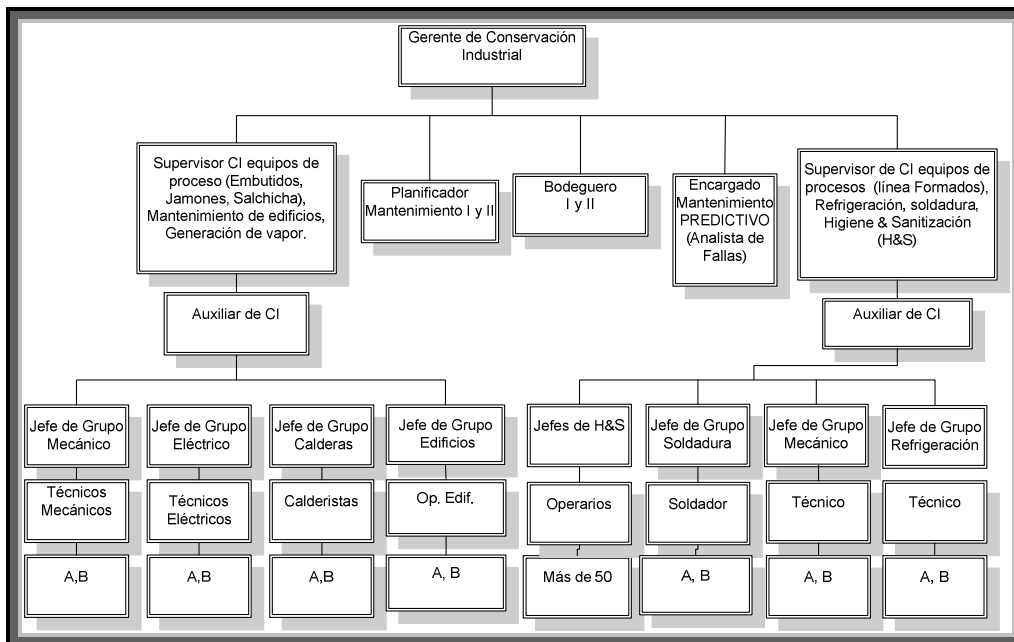
Los valores éticos realzan la libertad del ser humano; ayudan a guiar acciones y elecciones individuales. Buscando la manera en que dichos valores pueden participar en sus negocios. La cultura corporativa se fundamenta en los siguientes valores, como única fuente del éxito sostenible:

- ✓ R – Responsabilidad
- ✓ E – Ética
- ✓ I – Integridad
- ✓ R – Respeto

1.1.6. Organigrama

La empresa consta de un organigrama basado en la siguiente línea de jerarquía: un director de procesamiento, gerentes acorde al área específica de la planta (conservación industrial, producción, administración, etc.) supervisores y auxiliares de supervisión en las áreas mencionadas y personal operativo de proceso. Para este caso se muestra el organigrama del Departamento de Conservación Industrial como objeto en estudio.

Figura 2. **Formación del departamento de Conservación Industrial de la planta Toledo**



Fuente: elaboración propia.

1.2. Descripción de las diferentes áreas de proceso

Dentro de la planta se puede clasificar tres tipos de procesos, como en la producción de jamón, salchicha y formados, los cuales a la vez se dividen en: producción, fabricación y empaque. La materia prima que se maneja acá ya viene empacada y previamente clasificada para cada tipo de producto.

1.2.1. Descripción del área de jamones (producción, fabricación y empaque)

Para este tipo de proceso, a lo que se refiere el producto embutidos jamones, consta de tres divisiones y dentro del cual la materia prima va sufriendo cambios a través de los distintos equipos que la procesan.

El acero inoxidable es el material con el que están hechos la mayor parte de los equipos por el tipo de producto generado, estos a la vez son grandes y pesados y por lo tanto no necesitan de anclaje, únicamente tienen en las patas hule, los cuales ayudan a una mejor adherencia al suelo y evitar el movimiento. En la figura 3 se muestra el ejemplo de una máquina contenida en esta área.

Figura 3. **Molino tornillo (molino) weiler/1109, (producción jamones)**



Fuente: producción jamones.

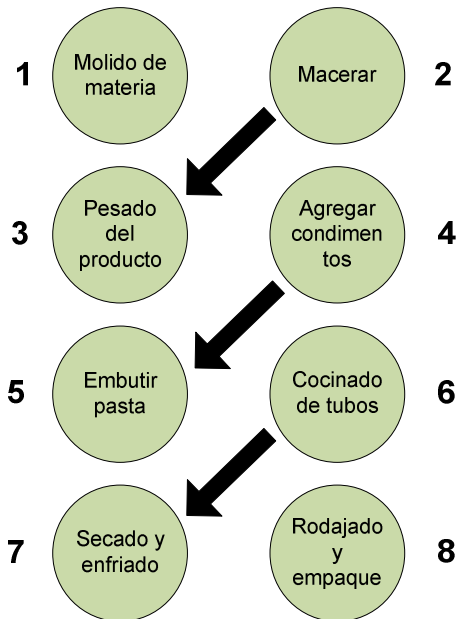
La primera etapa es la producción: la materia prima pasa por un molino Weiler o de tornillo como se observa en la figura 3, esta se deshace ya que viene en cubos grandes dejándola en trozos más pequeños bien molida, para el segundo paso trasladarlo al macerador o bombo donde se le agrega sal para que se compacte uniformemente por todo el interior del jamón, ablandando el producto e incrementando el color.

El tercer paso consiste en pesar el producto, para que en el siguiente punto se le agregue los condimentos y conservantes y que este valor sea el adecuado, para el cuarto paso es colocar todo el material conjuntamente con los condimentos en la máquina cortadora cutter, la cual corta y corta a grandes revoluciones el producto hasta el punto en que toda la pasta queda bien unida evitando que se separen todos los ingredientes.

En el quinto paso se traslada el producto en unas bandejas hacia el equipo embutidora de gusano, acá se quita el aire que se produce al momento de ingresar el producto a la tolva a través de unas bombas de vacío, para el sexto paso es llevar los tubos de producto hacia unas pilas de cocción, el séptimo paso consiste en llevar el producto hacia un secadero enfriado lentamente y se almacena, por último en el octavo paso se lleva el producto al área de empaque y los tubos son cortados en la máquina rodajadora (tiras redondas), para luego así ser empaquetadas.

En la figura 4 se puede observar los pasos de la producción de jamón.

Figura 4. **Proceso de fabricación jamones, Empacadora Toledo, S. A.**



Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Descripción del área de salchicha (producción, fabricación y empaque)

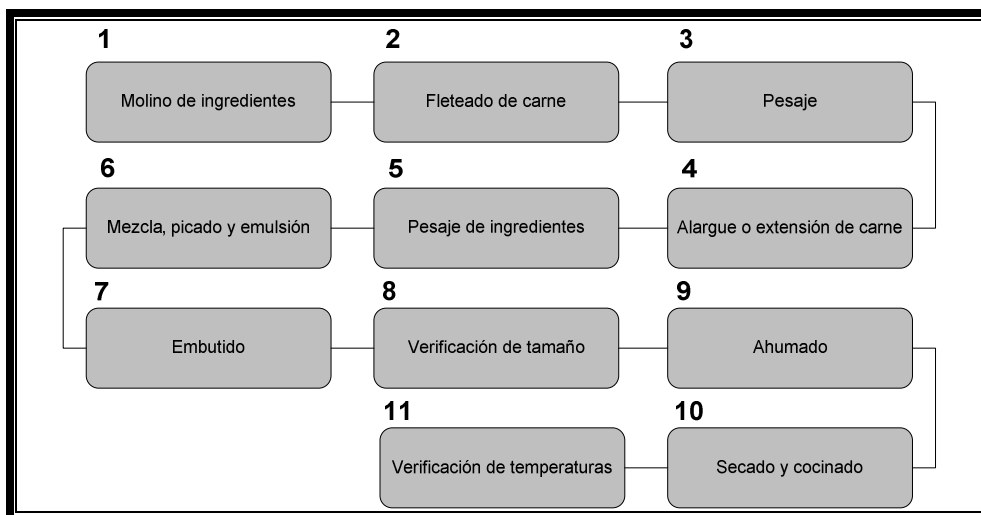
Según el proceso mostrado en la figura 5. Como número uno, se muelen los ingredientes cárnicos. Luego pasa a la fase dos o fleteado de pollo (desmenuzar este tipo de carne, dejándolo sin hueso). La fase tres se encarga de pesar los condimentos que le darán el sabor a las carnes.

La fase cuatro se encarga de hacer que la carne se extienda o alargue para que quede en la forma cilíndrica que es necesaria para la siguiente fase. En la fase cinco, se pesan nuevamente los ingredientes cárnicos para que en la tira cilíndrica de carne no haya más o menos condimento sino que se encuentre por igual. En la fase seis se mezclan, pican y se efectúa la emulsión para que la

carne tenga consistencia. En la fase siete se hace el embutido, que gracias a la especie de gelatina que envolvió cada segmento de la tira extendida de carne, en esta fase se corta en pedazos medidos para que salga el tamaño de la salchicha ya envuelta.

En la fase ocho se verifica el tamaño exacto de cada salchicha envuelta. En la fase nueve se hace el ahumado de salchicha para que tomen un sabor peculiar con los ingredientes que ya traía la carne. En la fase diez se ponen a secar las salchichas ya cocinadas y, en la fase once se verifica que el producto esté en la temperatura adecuada, para la transportación a los lugares en donde se venderá.

Figura 5. **Proceso de salchicha realizado a travez de los diferentes equipos**



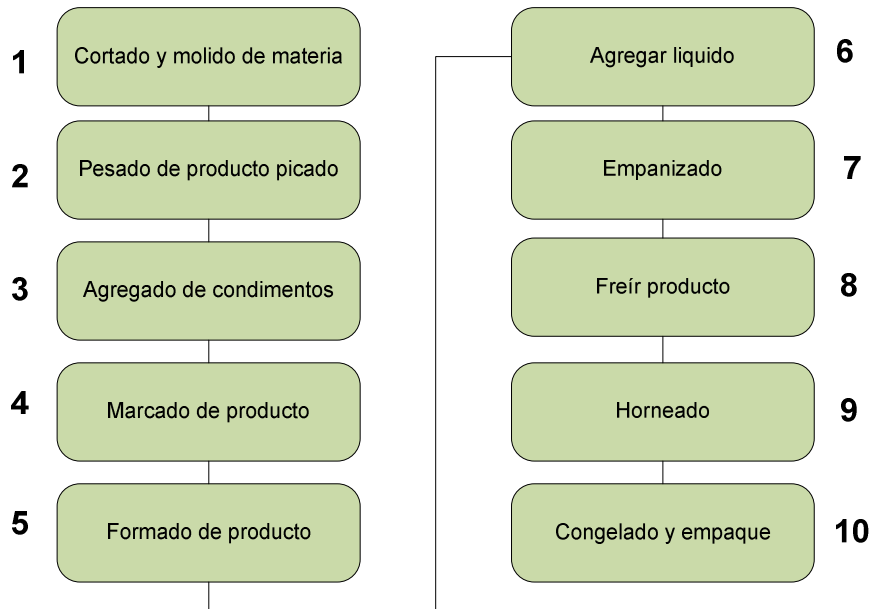
Fuente: elaboración propia.

1.2.3. Descripción del Área de Formados (producción, fabricación y empaque)

La línea de formados de pollo (empanizados de pollo) consta de dos líneas de producción de las cuales se hacen productos cuyos nombres son: Torta Hamburguesa, Torta Chip, Medallones, Milanesas, Torta Toledo, etc. los pasos generales que sigue este proceso es de la siguiente manera: primero se corta y se muele el producto que viene en trozos grandes congelados, materia ya clasificada de acuerdo a la producción a realizar; segundo se pesa el producto ya picado en pedazos pequeños; tercero se agregan los diferentes condimentos para ser mezclados y agregando a su vez otro tipo de carne para tener una mezcla deseada; cuarto es sacar el producto y marcar con una etiqueta que tipo de pasta que se ha obtenido.

El quinto es pasar el producto por los distintos moldes en la formadora, para luego el sexto que es agregar el líquido que lo hace una rebosadora, el séptimo es agregar empanizado a través de una máquina llamada empanizadora, el octavo paso es pasar el producto por la freidora y la temperatura que se maneja dependerá del equipo que se va a cocinar, en el noveno el producto pasa por un horno de marca Cookstar el cual mantiene el producto caliente y el cocinado final, por último en el décimo el producto se traslada al respectivo empaque a través de un equipo llamado intercambiador o túnel en el cual el producto sale congelado y listo para ser empacado. En la figura 6 se muestra la secuencia del proceso para el área de formados.

Figura 6. **Proceso en el Área de Formados (líneas 1 y 2)**



Fuente: elaboración propia.

1.3. Tipos de mantenimiento

Los principales tipos de mantenimiento que se utilizan en casi todas las plantas son los que a continuación se describirán y como referencia para el proyecto se hace complemento a lo que se tratará más adelante. Según varias fuentes de investigación, la clasificación de tipos de mantenimiento es:

1.3.1. Mantenimiento preventivo

Es una programación de actividad planificada en cuanto a inspección de los equipos, tanto de funcionamiento como de limpieza y calibración, detección y prevención de fallas, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base

en un plan de aseguramiento y control de calidad. Cuyo objetivo es mantener los equipos bajo condiciones específicas de operación.

Entre los tipos de mantenimiento preventivo se encuentran:

Mantenimiento sistemático: son actividades establecidas en función del uso del equipo (horas, kilómetros, entre otras).

Mantenimiento de ronda: consiste en vigilancia regular a frecuencias cortas.

1.3.2. Mantenimiento correctivo

Es una actividad que se realiza después de la ocurrencia de una falla. El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en llevar los equipos después de una falla a condiciones similares a las originales, por medio de restauración o reemplazo de componentes o partes de equipos, debido a desgastes o roturas. Este puede ser planificado más no programado ya que no se sabe cuándo va a ocurrir la falla. Con el uso del mantenimiento correctivo se espera a que se produzca el fallo para proceder a la reparación. Los costos que implican la parada y el tiempo de reparación de la máquina han hecho de esta práctica poco rentable.

1.3.3. Mantenimiento predictivo

La detección y diagnóstico de problemas en una máquina sin detener el funcionamiento es el método de mantenimiento más conveniente. Según esto, se pueden detectar los problemas anticipadamente cuando los defectos que causan la falla son incipientes y no afectan por lo tanto el funcionamiento de la

máquina, además, se puede diagnosticar la naturaleza del problema con la máquina en funcionamiento.

Al comparar el mantenimiento predictivo con otros tipos de mantenimiento, se presenta la gran desventaja que para reducir el tiempo fuera de servicio por fallas es necesario que se realicen paradas periódicas o en algunos casos frecuentes para la inspección y reemplazo de componentes críticos así no estén dañados. Aunque este programa de mantenimiento tiene ventajas obvias sobre el mantenimiento correctivo, es difícil establecer los intervalos entre paradas, si el programa tiene éxito y no ocurren fallas, significa que el intervalo puede ser demasiado breve y por lo tanto se están aumentando los costos por mantenimiento, además, una máquina que esté funcionando correctamente puede ser perjudicada por un desarmado frecuente.

1.4. Importancia de mantenimiento predictivo

A través de este mantenimiento que ayuda a pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle.

1.4.1. Ventajas del mantenimiento predictivo

Cuando se interviene un equipo y se analiza un elemento específico, se hace necesario el conocer el proceso y las técnicas a ser aplicadas en el análisis y con lo cual se tiene varios puntos a favor, que ayuda a resolver el problema.

Una de las ventajas de este tipo de mantenimiento es:

- ✓ Detección temprana e identificación de defectos, sin necesidad de detener y desmontar la máquina.
- ✓ Seguimiento de la evolución del defecto en el tiempo hasta que sea peligroso, esto proporciona una información muy valiosa sobre el estado real de la máquina.
- ✓ Reduce el tiempo de reparación, al tener perfectamente identificada la falla o el elemento dañado.

1.5. Generación de órdenes de trabajo

El auxiliar o el jefe de grupo de Conservación Industrial imprime las órdenes de trabajo, a través del programa Máximo, correspondientes a las guías de trabajo de mantenimiento y las distribuye a los mecánicos, electricistas, soldadores, etc. en la sesión de coordinación de actividades que se lleva a cabo todas las mañanas de la semana laboral (lunes a viernes). Si es necesario utilizar materiales y/o repuestos de bodega, el colaborador de Conservación Industrial responsable llenará una requisición de repuestos (PP-RE-MT-044) en bodega y la entregará al bodeguero de repuestos, quien le despachará lo deseado.

En la figura 7 se muestra un ejemplo de cómo es el formato ya establecido en el programa de mantenimiento Máximo.

Figura 7. Orden de trabajo generada en el programa Máximo

Orden de Trabajo # 685373 emitida: *Thursday, October 03, 2013 12:10:32 PM*
 MP CMB QUIN COMPRESOR DE AIRE SULLAIR # 1

| Hora Inicial de Paro | Hora Final de Paro | Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo | | |
|---------------------------------------|---|--|--------------|---------------|
| | | | | |
| Estado: EPROG CACMB001 | Tipo de O.T. MP | Fec. de inicio prog. 10/3/2013 Fecha de fin. prog. 10/3/2013 1:30:00 AM | | |
| Informado: 9/26/2013 4:34:09 PM P0627 | Contacto tel: | Prioridad 5 Problema: Datos | | |
| Ubicación: 106 | EXTERIORES | | | |
| Equipo: CA-001 | Compresor Tornillo Aire Comprimido (Compresor) Sullair Corporation/LS-10 25H AC | | | |
| Cuenta de Gasto | Especialidad principal CALD2 | | | |
| ID de tarea | Punto de medición | Valor | Fecha | Observaciones |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Mano de obra | Cantidad | Horas planificadas | Horas reales | |
| CALD2 Calderista 2 - Intermedio | 1 | 1.5 | | |
| | | | | |
| Materiales | Cant. planificada | Cantidad real | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Hora y Responsable Supervisor R0494

Datos generales del equipo

Área de las distintas actividades (Diferentes para cada máquina)

Personal a realizar el trabajo

Listado de materiales que se usará en el mantenimiento

Fuente: programa Máximo.

A continuación se describirán los tipos de mantenimiento que actualmente la empresa tiene establecida dentro de la planta, así como cada una de las órdenes de trabajo que son manipuladas por los planificadores de mantenimiento que generan a través de Máximo.

1.5.1. Orden de mantenimiento preventivo

Para esta forma de mantenimiento se tiene una descripción de la planificación de las diferentes actividades desarrolladas en máquinas y equipos comprendidas dentro del software, que afecten la calidad en planta Amatitlán, con el fin de asegurar la calidad de servicio que estos proporcionan permanezca dentro de los límites requeridos de disponibilidad. A continuación se muestra una tabla en la cual se puede observar quienes son los encargados de cada área dentro de la planta y que dan seguimiento de las actividades preventivas.

En la tabla I, se observa como están distribuidas las responsabilidades del mantenimiento dentro de la planta.

Tabla I. **Responsabilidad y autoridad**

| PUESTO | AUTORIDAD | RESPONSABILIDAD |
|---|---|---|
| Mecánico | Supervisor de mantenimiento de embutidos | Jefe de grupo |
| Electricista | Supervisor de mantenimiento de embutidos | Jefe de grupo |
| Calderista | Supervisor de mantenimiento de embutidos | Jefe de grupo |
| Edificios | Supervisor de mantenimiento de formados y refrigeración | Jefe de grupo |
| Bodeguero de repuestos | Gerente de mantenimiento y conservación industrial | Administrador de bodega de repuestos |
| Mecánico & electricista de formados y refrigeración | Supervisor de mantenimiento de formados y refrigeración | Jefe de grupo de formados y refrigeración |

Fuente: Documentación de mantenimiento.

En la figura 8 se muestra el ejemplo de cómo se realiza una orden de trabajo preventiva y los detalles se pueden observar en la misma.

Figura 8. Orden de trabajo preventiva, generada por el programa Máximo. CA-001 compresor de tornillo aire comprimido, sullair

| Orden de Trabajo # 685373 emitida: Thursday, October 03, 2013 12:10:32 PM | | | | |
|--|---|--|----------------------------|---------------|
| MP CMB QUIN COMPRESOR DE AIRE SULLAIR # 1 | | | | |
| Hora Inicial de Paro | Hora Final de Paro | Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo | | |
| | | | | |
| Estado: EPROG CACMB001 | Tipo de O.T. MP | Fec. de inicio prog. 10/3/2013 Fecha de fin. prog. 10/3/2013 1:30:00 AM | Supervisor R0494 | |
| Informado: 9/26/2013 4:34:09 PM P0627 | Contacto tel: | Prioridad 5 | Problema: | |
| Ubicación: 106 | EXTERIORES | | | |
| Equipo: CA-001 | Compresor Tornillo Aire Comprimido (Compresor) Sullair Corporation/LS-10 25H AC | | | |
| Cuenta de Gasto | Especialidad principal CALD2 | | | |
| ID de tarea | Punto de medición | Valor | Fecha | Observaciones |
| 10 | Revisar estado de aceite (nivelar si es necesario Aceite Solube 32) | | | |
| 20 | Revisar estado de filtro de aire (aplica cada semana) | | | |
| 30 | Sopletear filtro de aire (aplica cada 15 días) | | | |
| 40 | Lavar y sopletear radiador | | | |
| 50 | Limpiar unidad completa (compresor) | | | |
| 60 | Limpiar trampa liberadora de condensado | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Mano de obra | Cantidad | Horas planificadas | Horas reales | |
| CALD2 Calderista 2 - Intermedio | 1 | 1.5 | | |
| | | | | |
| Materiales | | Cant. planificada | Cantidad real | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Fuente: programa Máximo.

1.5.2. Orden de mantenimiento correctivo

Para este tipo de orden se incluyen los equipos críticos de las áreas productivas (fabricación, cocina, empaque, etc.) de embutidos, envasados y formados de planta Amatlán, que necesiten de mantenimiento antes que surja una emergencia, generando una OT hasta el momento del cierre, con las actividades respectivas. Los trabajos se planifican todas las mañanas en una reunión por lo encargados correspondientes de cada área. Con esto se logra recuperar inmediatamente la calidad de servicio que estos proporcionan.

Se procede de la siguiente manera: al momento de presentarse una falla en un equipo crítico que supone la pérdida de la calidad de servicio que este presta, regularmente es el operador de la máquina el primero en percatarse. El problema también puede ser detectado por un técnico de Conservación Industria o por un monitor de calidad.

La indicación de problema aparece cuando se detecta una falla del funcionamiento del equipo o porque otro equipo que depende del primero ve afectados los propios parámetros de funcionamiento.

En cualquiera de los casos, el responsable de operar el equipo informa al jefe de grupo de producción en la reunión diaria que tienen, el jefe de grupo, el supervisor de mantenimiento, auxiliares y el Gerente de Conservación Industrial de tal forma que se pueda establecer realmente cual es el problema que se presenta en el mismo y se es necesario revisar el equipo. El jefe de grupo, mecánico, electricista, técnico en refrigeración, etc. analiza el problema y retroalimenta al operador del equipo y/o a su jefe de grupo con la información recopilada.

De considerarlo oportuno, el auxiliar de Conservación Industrial del área se presenta en el lugar y chequea en campo lo afirmado por jefe de grupo, mecánico, electricista o similar. Si el problema o falla es grave, el auxiliar o responsable de mantenimiento solicita el apoyo, según considere de:

- ✓ El supervisor de Conservación Industrial de esa área o de otra área.
- ✓ El gerente de Conservación Industrial.

Esto para determinar las actividades a llevar a cabo en el equipo.

En cualquier caso se asegura que las actividades se lleven a cabo en el menor tiempo posible y cumplan con los requerimientos que aseguren la continuidad de operación del equipo hasta el próximo mantenimiento preventivo programado.

La detección de fallas depende en gran medida de las inspecciones rutinarias de los técnicos de Conservación Industrial cuando alguno de estos técnicos detecta una falla que amerita mantenimiento correctivo, lo comunica inmediatamente al supervisor de Conservación Industrial correspondiente.

Luego se imprime la orden y se elabora la requisición de material, se ejecutan las actividades y por último se retroalimenta en historial de equipo con base en el software Máximo.

En la figura 9 se muestra un ejemplo de mantenimiento correctivo efectuado en la planta para un determinado equipo y el área a donde corresponde.

Figura 9. Orden de trabajo de tipo correctivo planificado, planta Toledo. BV-007 bomba de vacío, busch

| | | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|--|
| Orden de Trabajo # 487406 emitida: Thursday, October 03, 2013 12:12:42 PM | | | | | |
| Boma de Vacío Busch RA250 de Multivac R5200 presenta recalentamiento (inf. Juan Garcia) | | | | | |
| Hora Inicial de Paro | | Hora Final de Paro | | Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo | |
| | | | | | |
| Estado: CERRAR | | Tipo de O.T. MC | | Fec. de inicio prog. 8/21/2012 9:00:00 AM | |
| | | | | Supervisor | |
| | | | | MARDON | |
| Informado: 8/24/2012 9:53:22 AM | | DMARROQU | | Contacto tel: 7881-0248 | |
| | | | | Prioridad 5 | |
| | | | | Problema:FLLMECA | |
| Ubicación: 123 | | EMPAQUE EMBUTIDOS SALCHICHA | | | |
| Equipo: BV-007 | | Bomba de Vacío (Multivac 5200 Salchicha) Busch/RA250 B461 XXC1 | | | |
| Cuenta de Gasto | | Especialidad principal MECA2 | | | |
| ID de tarea | Punto de medición | Valor | Fecha | Observaciones | |
| 10 | Desmontar y desarmar bomba de vacío | | | _____ | |
| 20 | Limpiar partes internas y deposito de rotor | | | _____ | |
| 30 | Cambiar exhaust filter, oring de tapaderas de rotor | | | _____ | |
| 40 | Amar montar bomba y probar funcionamiento correcto | | | _____ | |
| | | | | _____ | |
| | | | | _____ | |
| | | | | _____ | |
| | | | | _____ | |
| Mano de obra | | Cantidad | Horas planificadas | Horas reales | |
| | | | | | |
| Materiales | | Cant. planificada | | Cantidad real | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Herramientas | | Cant. planificada | | Cantidad real | |
| | | | | | |
| Servicios Recibidos de Terceros (Proveedor, Descripción Servicio, Fecha y Hora y responsable de recibir) | | | | | |
| | | | | | |

Fuente: programa Máximo.

1.5.3. Orden de mantenimiento VOSO

Este tipo de mantenimiento se realiza periódicamente tocando todas las áreas de la planta. El supervisor de Conservación Industrial de cada área, el auxiliar y/o el jefe de grupo revisa las órdenes concluidas por el personal de mantenimiento del área, las cierra y retroalimenta las actividades realizadas y observaciones reportadas en el historial del equipo respectivo por las inspecciones VOSO semanales. Esta retroalimentación apoyara futuras labores de mantenimiento.

Si la orden no se efectúa y si no se efectuará porque el supervisor de Conservación Industrial del área determina que las actividades que describe no son necesarias, el auxiliar de conservación industrial y/o el planificador la cierra, anotando en el historial las circunstancias o razones que llevaron a tomar tal decisión.

A continuación se muestra la figura 10, que representa la orden de trabajo de tipo VOSO la cual se genera como se mencionó anteriormente, semanalmente.

Figura 10. Orden de trabajo preventiva VOSO 106 exteriores,
inspección general del área refrigeración

| | | | | | | |
|---|--|---------------------------|---------------------------|--|--|----------------------------|
| Orden de Trabajo # 635181 emitida: <i>Thursday, October 03, 2013 12:15:45 PM</i> | | | | | | |
| INSPECCION VOSO MENS REFRIGERACION S1326 | | | | | | |
| Hora Inicial de Paro | | Hora Final de Paro | | Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo | | |
| | | | | | | |
| Estado: EPROG RFVOSO001 | | Tipo de O.T. NI | | Fec. de inicio prog. 6/21/2013 Fecha de fin. prog. 6/21/2013 4:30:00 AM | | Supervisor R0488 |
| Informado: 6/21/2013 2:42:38 PM HCOJON Contacto tel: 7881-0249 Prioridad 5 Problema: | | | | | | |
| Ubicación: 106 EXTERIORES | | | | | | |
| Cuenta de Gasto Especialidad principal MECA1 | | | | | | |
| ID de tarea | Punto de medición | Valor | Fecha | Observaciones | | |
| 10 | INSPECCIONAR MAQUINARIA EQUIPOS PRINCIPALES Y AUXILIARES | | | _____ | | |
| 20 | INSPECCIONAR SISTEMA DE AGUA | | | _____ | | |
| 30 | INSPECCIONAR SISTEMA ELECTRICO | | | _____ | | |
| 40 | INSPECCIONAR SISTEMA DE VENTILACION | | | _____ | | |
| 50 | INSPECCIONAR INFRAESTRUCTURA (piso paredes y techo) | | | _____ | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Mano de obra | | Cantidad | Horas planificadas | Horas reales | | |
| MECA1 | Mecanico Industrial 1 | 1 | 4.5 | _____ | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Materiales | | | Cant. planificada | Cantidad real | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Herramientas | | | Cant. planificada | Cantidad real | | |
| | | | | | | |
| Servicios Recibidos de Terceros (Proveedor, Descripción Servicio, Fecha y Hora y responsable de recibir) | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: programa Máximo.

1.5.4. Orden de mantenimiento emergente

Las órdenes de este mantenimiento se tornan a equipos críticos de las áreas productivas (fabricación, cocina, empaque, etc.) de embutidos, envasados y formados de planta Amatlán que necesiten de mantenimiento de emergencia, generando una OT hasta el momento del cierre, con las actividades respectivas.

Este no se tiene programado, como el nombre lo indica es de emergencia que se percata durante el día, donde se inspecciona el equipo y antes que ocurra el incidente se tiene que trabajar la falla y/o en algunos casos cuando ya ocurrió.

Al momento de presentarse una falla en un equipo que supone la pérdida de la calidad de servicio que este presta, regularmente es del operador de la máquina el primero en percatarse. El problema también puede ser detectado por un técnico de Conservación Industrial o por un monitor de calidad.

La indicación del problema aparece cuando se detecta una falla del funcionamiento del equipo o porque otro equipo que depende del primero ve afectados los propios parámetros de funcionamiento.

En cualquiera de los casos, el responsable de operar ese equipo o el jefe de grupo de producción solicitará al jefe de grupo del Departamento Conservación Industrial correspondiente que revise en campo el equipo, de tal forma que se pueda establecer realmente cual es el problema que se presenta en el mismo. El jefe de grupo (mecánico, electricista, técnico en refrigeración, etc.), analiza el problema y retroalimenta al operador del equipo y/o el jefe de grupo con la información recopilada.

De considerarlo oportuno, el auxiliar de Conservación Industrial del área se presenta en el lugar y chequea en campo lo afirmado por jefe de grupo, mecánico, electricista o similar. Si el problema o falla es grave, el auxiliar o responsable de mantenimiento solicita el apoyo. Según considere:

- ✓ El supervisor de Conservación Industrial de esa área o de otra área.
- ✓ El gerente de Conservación Industrial.

Se imprimen las órdenes correspondientes y se elabora la requisición de materiales, se ejecutan las actividades detectadas ya sea de tipo mecánico o eléctrico y al finalizar se retroalimenta el historial del equipo en base de datos de software Máximo.

En la tabla 11 se muestra un ejemplo de orden de mantenimiento emergente de un equipo y el área donde fue realizado el trabajo.

Figura 11. Ejemplo de mantenimiento emergente, planta Toledo.
EM-003 empanizadora, *fully cooked*, Área Formado

| | | | | |
|--|--|--|---------------------------|----------------------|
| Orden de Trabajo # 653622 emitida: <i>Thursday, October 03, 2013 12:20:10 PM</i> | | | | |
| Formados/Motor de bomba de Empanizadora se dispara Inf. Nixon | | | | |
| Hora Inicial de Paro | Hora Final de Paro | Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo | | |
| | | | | |
| Estado: CERRAR | Tipo de O.T.: ME | Fec. de inicio prog.: 7/31/2013 10:14:00 AM | Supervisor: HLOPEZ | |
| | | Fecha de fin. prog.: 7/31/2013 10:45:00 AM | | |
| Informado: 7/31/2013 10:45:12 AM | HCOJON | Contacto tel: 7881-0249 | Prioridad: 5 | Problema: |
| Ubicación: 131 | FORMADO | | | |
| Equipo: EM-003 | Fully Cooked Empanizadora (Empanizadora 600)1385 | | | |
| Cuenta de Gasto | Especialidad principal ELEC2 | | | |
| ID de tarea | Punto de medición | Valor | Fecha | Observaciones |
| 10 | Desmontar motor electrico | | | |
| 20 | Desarmar y cambiar cojinetes dañados | | | |
| 30 | Cambiar Retenedores y armar | | | |
| 40 | Accionar y verificar funcionamiento | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Mano de obra | Cantidad | Horas planificadas | Horas reales | |
| | | | | |
| Materiales | | Cant. planificada | Cantidad real | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Herramientas | | Cant. planificada | Cantidad real | |
| | | | | |
| | | | | |
| Servicios Recibidos de Terceros (Proveedor, Descripcion Servicio, Fecha y Hora y responsable de recibir | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Fuente: programa Máximo.

1.6. Monitoreo de condición

De forma similar al mantenimiento predictivo, debe apoyarse en diversas técnicas sin interrumpir ningún proceso sobre los cuales ayuda enfocarse a efectos o síntomas de fallas y monitorear el estado del equipo, anticipándose a la falla.

1.6.1. Definición

Es la medición de las variables de los equipos que se consideran representativas de la condición de estos, comparándolas con patrones establecidos o creando una línea base en torno a mediciones durante períodos cortos, se puede dar un diagnóstico del 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.

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.

Uno de los objetivos del Monitoreo de Condición:

- ✓ Vigilancia de máquinas. Condición buena y mala y si es mala indicar que daño es.
- ✓ Protección de máquinas. Evitar fallos catastróficos.
- ✓ Diagnóstico de fallos. El objetivo es definir cuál es el problema específico.

1.6.2. Elementos que integran un programa de Monitoreo de Condición

El programa de monitoreo de condición se apoya en diferentes técnicas para lograr el objetivo. Las técnicas que se utilizan para la recolección de información son las siguientes:

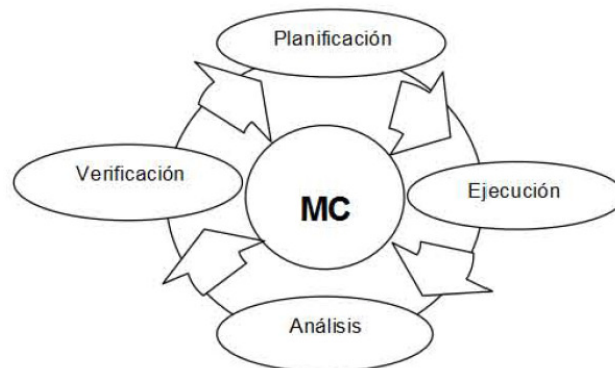
- ✓ Termografía infrarroja
- ✓ Inspecciones visuales
- ✓ Monitoreo de vibraciones
- ✓ Muestreo de aceites
- ✓ Mediciones de desgaste
- ✓ Mediciones en línea
- ✓ VOSO
- ✓ Mediciones de alineamiento
- ✓ Ultrasonido
- ✓ Partículas magnéticas
- ✓ Endoscopía

Para estas técnicas y para este caso se consideran dentro del mantenimiento el uso de termografía, ultrasonido y vibraciones; cabe mencionar que requieren de sistemas expertos, como herramienta para diagnóstico. Lo cual ayudará a determinar funciones de sistemas complejos, que este modelo computacional deberá ser manipulado por un experto humano para tener buenos resultados y proporcionar un diagnóstico.

1.6.3. ¿Cómo se usa efectivamente?

Para buenas expectativas dentro de cualquier mantenimiento, se deberá de cumplir con las actividades necesarias indicadas y para que este siga un proceso donde se cumplan los puntos y ayuden a una solución efectiva. Cuatro pasos importantes se deberán seguirse a lo largo del análisis de los equipos.

Figura 12. **Ciclo Monitoreo de Condición**



Fuente: implementación programa Monitoreo de Condición. p. 35.

Tabla II. **Detalle del ciclo Monitoreo de Condición**

| No. | Etapa | Descripción |
|-----|---------------|---|
| 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 recabada 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. |

Fuente: implementación programa Monitoreo de Condición. p. 35.

1.6.4. Ultrasonido

De forma general, cuando se habla de ultrasonido se hace referencia a sonidos de alta frecuencia, mayores a 20 KHz imperceptibles al oído humano de forma directa y desde el punto de vista del mantenimiento predictivo es una valiosa técnica utilizada para la detección temprana de fallas en sistemas tanto eléctricos como mecánicos. Los instrumentos de ultrasonido son sensibles a los sonidos que no están incluidos dentro del rango auditivo humano. Un detector ultrasónico convierte las señales de ultrasonido al rango audible humano.

El mejor oído humano escucha sonidos en el rango de 20 Hz a 20 000 Hz (20 kHz). El rango de la mayoría de los equipos que detectan ultrasonido, comienza en 20 kHz hasta 100 kHz. Un detector de ultrasonido puede encontrar las fallas mecánicas y eléctricas de una máquina, antes de que el daño ocurra y sea más costosa la reparación.

Todos los equipos y sistemas mecánicos, eléctricos, de vapor, aire, etc. cuando están en operación, emiten sonidos de baja frecuencia perceptibles por el oído humano y sonidos de alta frecuencia que son imperceptibles para el oído humano. Estos sonidos pueden ser normales si están dentro de los parámetros establecidos por el diseñador y el fabricante del equipo o sistema, o pueden indicar fallos en áreas precisas si se desvían de esos parámetros.

Los equipos de ultrasonido detectan una pequeña gama de señales ultrasónicas de alta frecuencia y las traduce electrónicamente en la gama audible para el humano. Los equipos de ultrasonido permiten escuchar lo que el oído humano no puede detectar. Por ser direccional, la intensidad del sonido no viaja lejos del origen haciendo la detección del problema muy rápida y precisa.

Pero si bien los equipos proporcionan los sonidos, los mismos deben identificarse y analizarse para poder determinar si existe un problema y de existir, cuál es la gravedad del mismo. Para esto es necesario que quien oiga y analice esos sonidos sea una persona experimentada, con conocimientos en los equipos de ultrasonido y en los sistemas y equipos que se inspeccionan.

Esta es la función del inspector de ultrasonido, quien detecta durante la inspección un sonido. Por su experiencia determina el origen y la causa, graba el sonido y posteriormente lo analiza nuevamente de forma audible y gráfica. La calidad del sonido se escucha a través de los auriculares mientras que la intensidad de la frecuencia se observa en un medidor de frecuencia incorporado en el equipo.

Para el desarrollo del proyecto y esta técnica relacionada al ultrasonido que podría apoyarse o ser un complemento de las otras, que se describirán más adelante que ayudarán a la detección de fallas eléctricas, ejemplos de fallas eléctricas como efecto corona, descargas parciales (*tracking*) y arco, etc.

En la figura 13 se muestra un ejemplo de cómo la persona toma la medición en una bomba de agua.

Figura 13. **Ejemplo de ultrasonido a bomba de agua**



Fuente: <http://campuscurico.otalca.cl/~fespinos/ULTRASONIDO%20PARA%20EL%20MANTENIMIENTO>. Consulta: 5 de agosto de 2013.

1.6.5. Termografía

Termografía proviene del latín *termo* de temperatura y *grafos* de foto, resumiéndose como fototérmica; por lo cual se puede decir que termografía es el método para la captura de una fototérmica. Este método de inspección es de no contacto y no destructivo, generalmente empleado para el diagnóstico de sistemas o procesos productivos. La inspección se basa en el hecho que todos los componentes del sistema presentan una diferencia de temperatura entre ellos y a la vez un incremento en la misma ante un mal funcionamiento.

La energía radiada por un cuerpo y medida a través del infrarrojo está regida por la Ley de Stefan Boltzman, que muestra como en relación directa el valor es afectado por la temperatura elevada a la cuarta potencia y a la emisividad del material, igualmente se tiene en cuenta la Ley de Kirchoof que relaciona los aspectos involucrados en la radiación, donde se resalta la emisividad como factor crítico ya que básicamente es la que se está midiendo

cuando se quiere determinar una temperatura utilizando equipos con tecnología infrarroja.

Tabla III. **Clasificación de fallas según NETA**

| Tabla de clasificación de fallas eléctricas según NETA (INTERNATIONAL ELECTRIC TESTING ASSOCIATION) | | | |
|---|--|---|---|
| Nivel | TEMP MEDIDA | Calificación | Acción |
| 1 | De 1°C a 10°C O/A ó De 1°C a 3°C O/S | Posible deficiencia | Se requiere más información |
| 2 | De 11°C a 20°C O/A ó De 4°C a 15°C O/S | Probable deficiencia | Reparar en la próxima parada disponible |
| 3 | De 21°C a 40°C O/A ó >15°C O/S | Deficiencia | Reparar tan pronto como sea posible |
| 4 | >40°C O/A ó >15°C O/S | Deficiencia Mayor | REPARAR INMEDIATAMENTE! |
| O/A: Sobre Temp. Ambiente. | | O/S: Sobre Temp. De cuerpo similar en condición | |

Fuente: optimización mantenimiento basado en Monitoreo de Condición (CBM). p. 27.

✓ Ley de Stefan – Boltzmann:

$$E = \varepsilon \sigma T^4$$

Donde:

E: energía que radia el cuerpo

ε : emisividad propia del cuerpo

σ : constante de Stefan Boltzmann

T: temperatura a la que esta radiando energía el cuerpo en grados absolutos

✓ Ley de Kirchoof:

El 100 % de la radiación total incidente sobre un cuerpo se emite (ϵ), refleja (ρ), y se transmite (τ), o sea que:

$$\epsilon + \rho + \tau = 1$$

Donde:

ϵ : emisividad

ρ : reflectividad

τ : transmisividad

- ✓ Emisividad: es la cantidad de radiación emitida por un cuerpo, comparada con la que emitiría un cuerpo negro, depende del material, del acabado, la geometría y ángulo entre los principales factores y es considerada la eficiencia de la radiación. La emisividad (ϵ) oscila entre 0,1 (espejo) y 0,95. Cada material o cada cuerpo posee una emisividad característica, no es arbitraria sino que es particular de cada cuerpo.

Algunas consideraciones prácticas que debe de tomarse en cuenta para un termógrafo o la persona que vaya a realizar dicha inspección, con los conceptos básicos para iniciar con esta técnica, como lo indica la tabla III.

Tabla IV. **Consideraciones generales para la técnica de termografía a personal capacitado**

| Consideración | Descripción |
|--|---|
| Medición directa | Es la que está asociada directamente a toda la energía que está emitiendo el cuerpo bajo inspección medida en la fuente de emisión. |
| Medición indirecta | Es la energía que no es medida directamente en la fuente dentro del cuerpo en inspección, (p. e. contactos de interruptores en aceite). |
| Tipos de cámaras termográficas | Las cámaras termográficas de aplicación industrial más usual son de dos tipos: de onda corta (de 3 a 5 micrones de longitud de onda) y de onda larga (de 8 a 12 micrones de longitud de onda). Ello se explica debido a que son las dos ventanas en donde la atmósfera tiene la menor absorción de radiación infrarroja, y por tanto brindan la máxima eficiencia de operación. |
| Para el termógrafo o persona con capacitación previa | La cámara ve toda la radiación: la emitida, la transmitida y la reflejada, pero tiene claro que la única que le interesa es la emitida que está asociada a la temperatura del cuerpo, que en últimas es lo que cuenta. |
| | Criterio para tener una buena ubicación para evitar las reflexiones e introducir a la cámara los parámetros de compensación correspondientes. |
| | Tener claro el manejo del RAT (Reflected Apparent Temperature). Temperatura aparente reflejada. No es la temperatura del aire alrededor del objeto o de la cámara viene de uno o varios objetos que radian sobre el objetivo, pues todo objeto radia más que el aire. |
| | Son reflectivos a la radiación infrarroja (alta reflectividad, bajas transmisividad y emisividad): el vidrio, los acrílicos, cerámica vidriosa, metales pulidos. |
| | Materiales con alta emisividad: plantas, animales y seres humanos, cinta aislante, asfalto, agua, suelo, pinturas no metálicas, pvc. |

Fuente: elaboración propia.

1.6.6. Monitoreo de vibraciones

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

Cada uno de los elementos que componen una máquina tienen características que los identifican en cuanto a diseño y velocidad de operación; en consecuencia, cada uno de ellos tiene una frecuencia característica de vibración. Es recomendable entonces, que antes de realizar un diagnóstico a una máquina se deban determinar las frecuencias de falla teóricas; que no son más que las frecuencias que se esperan observar.

Dentro de esta técnica cabe mencionar transductores principales que se pueden utilizar al momento de realizar determinada medición y dependiendo de qué es lo que se analizará así se utilizará el más adecuado.

Transductores de vibración

La Norma ISO 2041 define un transductor como un dispositivo diseñado para recibir energía de un sistema y suministrar energía; ya sea del mismo tipo o de otra naturaleza, hacia otro sistema, de forma tal que a la salida del transductor aparezca la característica de interés de la energía de entrada.

El transductor de vibraciones es un aparato que produce una señal eléctrica que es una réplica del movimiento vibratorio al cual está sujeto. Un buen transductor no debe agregar falsos componentes (ruido) a la señal, y deberá producir señales uniformes en todo el rango de frecuencias de interés.

Existe una amplia variedad de dispositivos para sensar la vibración: en la tabla V se da un ejemplo de los tipos de sensores de vibraciones más utilizados en la vibración.

Tabla V. **Tipos de sensores utilizados en la medición de vibraciones**

| NO. | TIPO DE SENSOR | DETALLE | UNIDAD |
|-----|-----------------------------------|---|---|
| 1 | De proximidad o de desplazamiento | Que son unidades de montaje permanente y cuya operación está basada en un principio magnético, y por eso es sensible a las anomalías magnéticas en la flecha. | En milésimas de pulgada en el sistema inglés, y en milímetros en el Sistema Internacional |
| 2 | De velocidad | Que fue uno de los primeros transductores de vibración. Está formado por una bobina de alambre y de un imán. Sin embargo son relativamente pesados y complejos, y por eso son caros. La respuesta en frecuencia que va desde 10 Hz a 1 kHz se considera baja. | Pulgadas por segundo (pulg/s) o milímetros por segundo (mm/s) |
| 3 | El acelerómetro | Del cual existen diferentes tipos y básicamente difieren en el método que utilizan para detectar la aceleración que sufre un objeto, existen acelerómetros piezoeléctricos, acelerómetros de inducción, etc. | G's |

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior cada parámetro a través de los cuales se puede determinar la condición y dar un diagnóstico dependiendo de las características del equipo en estudio y la técnica utilizada. Es indispensable para el personal encargado de procesar las mediciones conocer cada uno de ellos y así poder realizar el análisis de las mediciones obtenidas.

A continuación se muestra un ejemplo de un sistema compuesto de motor, ventilador y los acoples para el análisis de vibraciones, en el siguiente capítulo se mostrará un formato general para realizarlo y basándose en los reportes realizados por la empresa externa NILS PIRA & CIA S. A.

Las fallas generadas en equipos estáticos que alteran localmente la rigidez y/o masa de la estructura, cambian las 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 14. **Ejemplo de puntos de toma de vibraciones**



Fuente: elaboración del programa de Monitoreo de Condición. p. 52.

1.7. Producción más limpia

Dentro de cualquier planta el tema de Producción más Limpia, es un tema que debe estar presente dentro de cada uno de los procesos para apoyar y evitar generar residuos dañinos para el medio ambiente y para hacer un mejor uso de los recursos disponibles.

La Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, a los procesos productivos, a los productos y a los servicios para incrementar la eficiencia global y reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente. La Producción más Limpia puede ser aplicada a los procesos empleados en cualquier industria, a los productos mismos y a los diferentes servicios prestados en una sociedad.

1.7.1. Utilización del agua en el proceso de limpieza de la ubicación y enfriamiento de equipos en el área

El agua es importante debido a sus distintos usos, para el proyecto se mencionará dos divisiones en fuentes de consumo de carácter principal y fuentes de carácter secundario. Abarcando las áreas donde se encuentran los equipos considerados como críticos (jamones, salchicha, formados).

Abastecimiento

La fuente de abastecimiento principal es la de un pozo mecánico propiedad de la empresa, encargado de suministrar los diversos consumos del agua a la planta de producción y de toda la empresa en general, contenida dentro de dos depósitos de agua, cabe mencionar que por el área donde se encuentra la planta, el agua es caliente por lo que cuando sale ingresa a través

de una torre de enfriamiento la cual disminuye la temperatura para ser luego almacenada en dichos tanques y ser transportada a las diversas áreas de proceso.

Las características principales son:

- ✓ 4" de diámetro para la tubería principal y 2", ¾" para abastecimientos de equipos.
- ✓ 18 m de profundidad
- ✓ 14 años a la fecha de estar produciendo

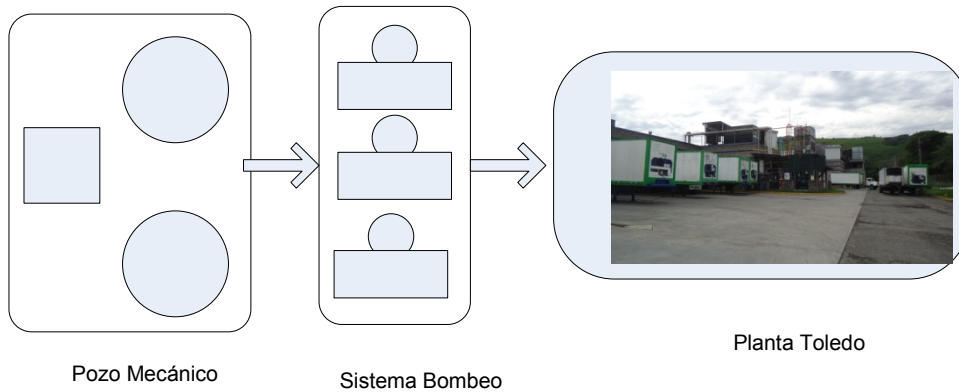
Además el equipo con que se cuenta para extraer y llevar el agua a la planta es el siguiente:

- ✓ 1 bomba de 15 Hp: la cual extrae el agua del pozo mecánico hacia los dos depósitos de agua.
- ✓ 3 bombas centrifugas de 10 Hp: estas bombas se encargan de captar el agua de los depósitos con una capacidad de 25,000 L. e impulsarlas hacia la planta de producción.
- ✓ Sistema de tubería de toda la planta de producción: empleada para trasladar toda el agua de proceso hacia la planta de producción.

Fuentes principales

Las fuentes de consumo principales son las que intervienen en forma directa en el proceso de producción, las cuales están presentes en cada área de trabajo, lo único que se le agrega al agua que se consume es una mínima cantidad de cloro en el tratamiento de agua en la caldera que debe de estar entre 0,1 a 1 ppm y así ser distribuida por toda la red de tuberías.

Figura 15. **Fuentes principales, uso del agua en la planta Toledo**



Fuente: elaboración propia.

Fuentes secundarias

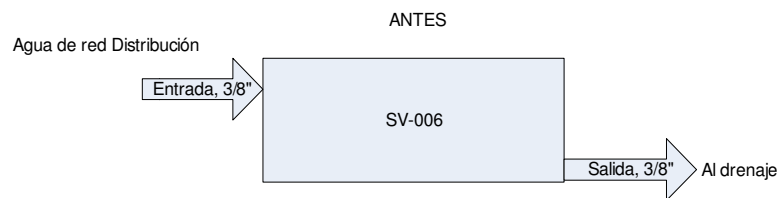
Este tipo de consumo es importante, pero no interviene en forma directa en el proceso de producción y la frecuencia de consumo es variada: limpieza de equipo, sanitarios, usos varios, etc.

1.7.2. **Forma de recuperación y recirculación del agua**

Anteriormente para algunos equipos dentro de las líneas de producción (jamones, salchicha, formados, higiene y sanitización), la utilización de agua era de unos 318 l. por máquina para enfriar las partes del sistema de enfriamiento, esta agua se utilizaba un cierto tiempo y luego se descargaba a sistema de drenaje la cual no tenía ninguna recirculación.

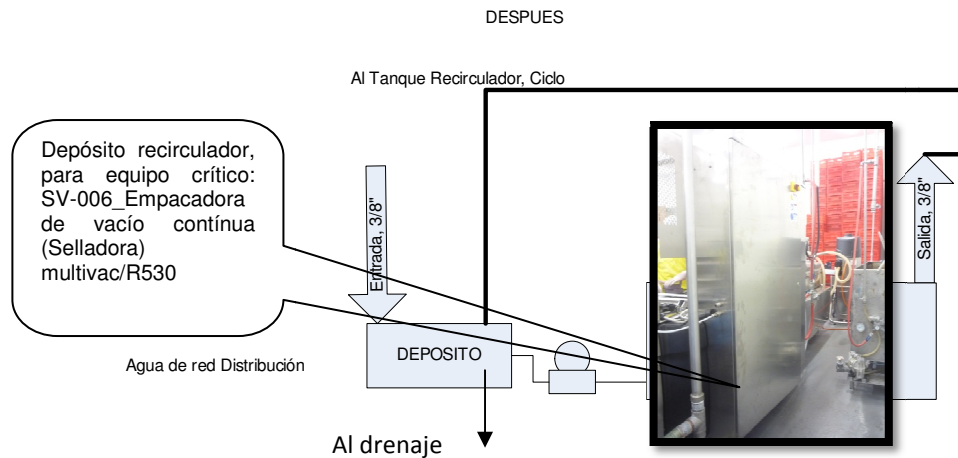
Para evitar esta pérdida de agua y utilizarla mejor se propuso realizar un depósito por aparte, que contuviera una cantidad de agua y que estuviera recirculando por cada turno de trabajo para luego ser desechada. En la siguiente figura se muestra como el proceso de recirculación de agua antes y después.

Figura 16. **Sistema de enfriamiento para máquina SV-004 empacadora de vacío continuo (selladora). Sistema anterior**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Sistema de enfriamiento para máquina SV-004 empacadora de vacío continuo (selladora). Sistema posterior**



Fuente: elaboración propia.

1.7.3. Medidas para el ahorro de agua

El aprovechar el agua e intentar sacar al máximo la utilidad, ayudará a nivel de toda la planta a tener mejor conciencia por parte de todos los que utilizan este recurso. El consumo que se tiene actualmente en toda la planta seguirá siendo variante; debido a que cada vez la planta va creciendo y por ende la demanda de los diversos productos de igual manera, el pozo mecánico trabajará de igual forma produciendo el agua necesaria para sustentar todos los servicios de fuentes principales como secundarias, pero procurando siempre el uso adecuado y tiempo adecuado para utilizar el agua, cuidando este recurso. En la gráfica siguiente se puede ver en forma general el indicar de agua que se consume en dos años, llevando el control de manera semanal y de manera mensual. Lo cual indicará y se puede hacer una evaluación una vez por año realizando las tablas correspondientes y haciendo comparaciones entre cada año. Ejemplo lo que se consume un año atrás y el año actual pudiendo observar cual sería cierta tendencia a determinados años.

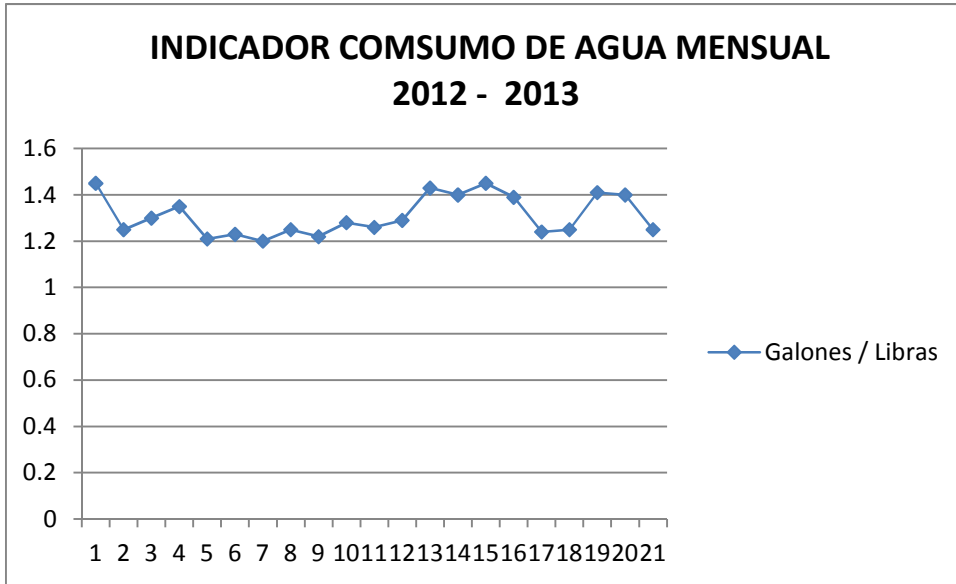
En la tabla VI se muestra el consumo de agua para dos años en la producción de las distintas áreas de la planta.

Tabla VI. **Consumo de agua para los años 2012 y 2013 dados en galones/libras**

| M³ | Galones | Libras | Galones / Libras | Meses |
|----------------------|----------------|---------------|-------------------------|--------------|
| 54,8825 | 14 500 | 10 000 | 1,45 | EN |
| 94,6250 | 25 000 | 20 000 | 1,25 | FEB |
| 147,6150 | 39 000 | 30 000 | 1,30 | MAR |
| 204,3900 | 54 000 | 40 000 | 1,35 | ABR |
| 228,9925 | 60 500 | 50 000 | 1,21 | MAY |
| 279,3330 | 73 800 | 60 000 | 1,23 | JUN |
| 317,9400 | 84 000 | 70 000 | 1,20 | JUL |
| 378,5000 | 100 000 | 80 000 | 1,25 | AGO |
| 415,5930 | 109 800 | 90 000 | 1,22 | SEP |
| 484,4800 | 128 000 | 100 000 | 1,28 | OCT |
| 524,6010 | 138 600 | 110 000 | 1,26 | NOV |
| 585,9180 | 154 800 | 120 000 | 1,29 | DIC |
| 703,6315 | 185 900 | 130 000 | 1,43 | EN |
| 741,8600 | 196 000 | 140 000 | 1,40 | FEB |
| 823,2375 | 217 500 | 150 000 | 1,45 | MAR |
| 841,7840 | 222 400 | 160 000 | 1,39 | ABR |
| 797,8780 | 210 800 | 170 000 | 1,24 | MAY |
| 851,6250 | 225 000 | 180 000 | 1,25 | JUN |
| 1 014,0015 | 267 900 | 190 000 | 1,41 | JUL |
| 1 059,8000 | 280 000 | 200 000 | 1,40 | AGO |
| 993,5625 | 262 500 | 210 000 | 1,25 | SEP |

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Indicar de consumo de agua en la planta**



Fuente: elaboración propia.

En el 2012 el consumo es casi igual, para el 2013 fue mayor, podría ser por mayor demanda de producto, la limpieza de las áreas, limpieza de máquinas, servicios varios, etc. Esto podría indicar que para cada año podría aumentar, si aumenta se espera que sea por la cantidad de producto que soliciten. Cabe mencionar que debe de hacerse conciencia para utilizar el agua ya que el consumo que se tiene acá es general no por áreas, buscando disminuir donde se considere necesario.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Integración de un programa de mantenimiento

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 necesitan 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 se muestran los formatos claves de cada una de las técnicas a ejecutar y las diferentes tablas donde se enlistan los equipos que se proponen integrar al nuevo programa, para la realización de un monitoreo de condición en cada área de la planta.

2.2. Definición de rutas de inspección, tipos de formatos y procedimiento

Se realizará modelos de tablas que ayudarán a tener una idea de cómo iniciar las inspecciones en las diferentes técnicas de monitoreo de condición, las

cuales orientan en forma general a cualquier persona sobre el trabajo de deberá de hacer en campo.

2.2.1. VOSO

Para cumplir con las actividades de la técnica VOSO de manera efectiva, se deben tomar las precauciones necesarias y cumplir con indicaciones respectivas. Se muestra la clave general de un modelo donde se indican las precauciones y las indicaciones de ejecución.

En la tabla VIII se da el formato general para una inspección tipos VOSO.

Tabla VIII. **Formato para la inspección VOSO**

| FORMATO MODELO | VOSO |
|--|--|
| La técnica VOSO se realiza con el equipo en marcha y a intervalos muy cortos, la mayoría de los equipos y ubicaciones de la planta están afectadas a esta práctica. | |
| Equipo de seguridad | Áreas externas |
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Casco de protección ✓ Lentes protectores ✓ Botas (punta de acero y suela antideslizante) ✓ Tapones auditivos (si el ruido es excesivo) |
| | Áreas internas |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Redecilla para la cabeza ✓ Mascarilla ✓ Guantes plásticos ✓ Botas de hule ✓ Bata ✓ Tapones auditivos ✓ Calcetines (si el área a ingresar lo requiere) ✓ Chumpa (si el área a ingresar lo requiere) | |
| Precauciones | ✓ Equipos en marcha, tener cuidado con partes móviles. |
| Indicaciones | |
| Ver | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpieza del área y de los equipos ✓ Los equipos cuenten con guardas y elementos de protección ✓ Observar que los procesos sean normales ✓ No existan fugas o derramamientos de material, líquidos hidráulicos, aceites lubricantes, agua, etc. ✓ Los indicadores de temperatura, nivel y presión, se encuentren entre los parámetros normales de operación. ✓ No existan excesos o falta de grasa ✓ No existan cambios súbitos de temperaturas en los equipos ✓ No existan elementos flojos ✓ Revisar que no exista corrosión |
| Oír | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 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"> ✓ Los equipos móviles no vibren de manera anormal ✓ que no existan temperaturas elevadas |
| Oler | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Temperaturas excesivas ✓ Indicios de fugas de gas ✓ Todo fuga que pudiera causar daño a la máquina, como a la persona que trabaja cerca del área |
| <p>NOTA: Cualquier situación que pueda parecer anormal se debe reportar a personal encargado de Mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Avisar a encargado del área o auxiliares de mantenimiento, para que se pueda generar la orden de trabajo y resolver el problema – En caso de necesitar un diagnóstico, hacer análisis con instrumentos | |

Fuente: elaboración propia.

Se muestran las tablas con descripciones generales que se pretenden verificar, estas están enumeradas por rutas de acuerdo al área que pertenezcan y se debe de realizar en la mayoría de los equipos, la persona encargada hace los recorridos correspondientes y observa desde la máquina, tanto mecánico como eléctrico hasta las instalaciones y reporta si encuentra algo fuera de lo normal.

En la siguiente fotografía se muestra un compresor de tornillo refrigeración marca Frick (RWFII134H), al cual se le realiza esta técnica por personal de mantenimiento.

Figura. 18. **Equipo sistema de refrigeración marca frick, compresor de tornillo**



Fuente: elaboración propia.

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.

Las temperaturas a medir son fundamentalmente temperaturas superficiales. Se trata de un procedimiento de medición óptico. Los medidores láser para temperatura deben tener campo libre con respecto al objeto a medir.

Los rayos infrarrojos no pueden atravesar el cristal, como lo hace la luz visible. Esto quiere decir que no es posible realizar la medición a través de un cristal con los medidores láser para temperatura estándar. Deberá evitarse la existencia de polvo o restos de humedad en la lente del aparato o entre el aparato y el objeto a medir.

Figura 19. **Ejemplo de varios estilos de termómetros infrarrojos**



Fuente: implementación de programa de monitoreo de condición. p. 117.

Figura 20. **Ejemplo de medición de temperatura**



Fuente: implementación de programa de monitoreo de condición. p. 117.

Tabla IX. **Formato temperatura**

| FORMATO MODELO | TEMPERATURA |
|---|--|
| <p>La técnica de TEMPERATURA se realiza con el equipo en marcha y los equipos a los cuales se les hace su lectura correspondiente son diversos.</p> | |
| <p>Equipo de seguridad</p> | <p>Áreas externas</p> |
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Casco de protección ✓ Lentes protectores ✓ Mascarilla ✓ Botas (punta de acero y suela antideslizante) ✓ Tapones auditivos (si el ruido es excesivo) |
| <p>Precauciones</p> | <p>Áreas internas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Redecilla para la cabeza ✓ Mascarilla ✓ Guantes plásticos ✓ Botas de hule ✓ Bata ✓ Tapones auditivos ✓ Calcetines (si el área a ingresar lo requiere) ✓ Chumpa (si el área a ingresar lo requiere) |
| <p>Indicaciones</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipos en marcha, tener cuidado con partes móviles. ✓ No tocar el lugar donde se toma lectura podría estar demasiado caliente. |
| <p>Lectura de temperaturas</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Seguir ruta de IR ✓ Tomar lectura según listado de ruta ✓ Hacer en la toma un barrido del área a tomar ✓ Al terminar ruta colocar los datos en hoja de Excel o programa de temperaturas y ver el valor máx. o min ✓ Escoger temperatura promedio ✓ Ingresar datos manualmente a base de datos de temperaturas de los equipos críticos afectos |
| <p>NOTA:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cualquier situación que pueda parecer anormal se debe reportar a personal encargado de mantenimiento. – Avisar a encargado del área o auxiliares de mantenimiento, para que se puede generar la orden de trabajo y resolver el problema – En caso de ser necesario y tener duda con alguna temperatura hacerlo con otro instrumento y ver su comportamiento. | |

Fuente: elaboración propia.

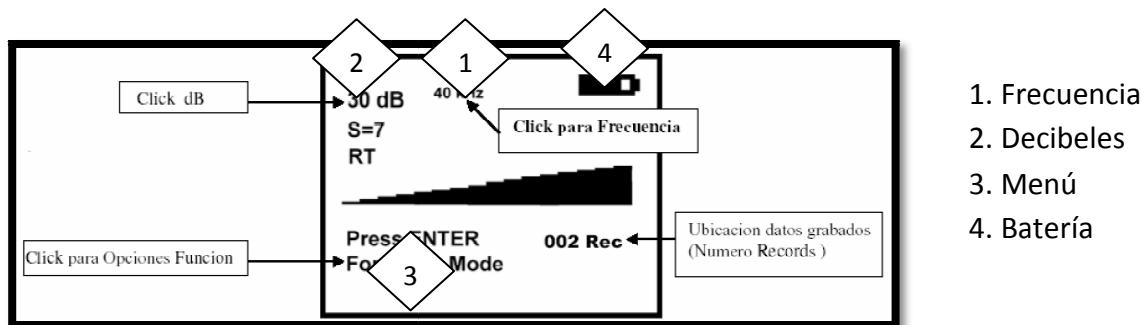
2.2.3. Ultrasonido

La técnica ultrasónica es precisa, fiable y repetitiva. Es posible obtener medidas casi instantáneamente transmitiendo el ultrasonido a través del material desde una de las 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.

Es una herramienta simple, con una gran cantidad de características que bien entendidas, le abrirán la posibilidad de realizar un programa con inspecciones predictivas y llevar un histórico de datos.

Tiene muchos rangos de aplicación desde detección de fugas e inspección eléctrica hasta inspección mecánica. También puede utilizarse para almacenar, analizar o encontrar una falla.

Figura 21. **Menú principal de equipo ultrasonido UP 10 000**



Fuente: instrucción manual, ultraprobe 10 000. p. 13.

Figura 22. **Equipo de ultrasonido UP 10 000**



Fuente: instruccion manual, ultraprobe 10 000. p. 1.

Tabla X. Formato ultrasonido

| FORMATO MODELO | ULTRASONIDO |
|---|---|
| La técnica de ULTRASONIDO se realiza con el equipo en marcha y los equipos a los cuales se les hace su lectura correspondiente son diversos. | |
| Equipo de seguridad | Áreas externas |
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Casco de protección ✓ Lentes protectores ✓ Mascarilla ✓ Botas (punta de acero y suela antideslizante) ✓ Tapones auditivos (si el ruido es excesivo) |
| | Áreas internas |
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Redecilla para la cabeza ✓ Mascarilla ✓ Guantes plásticos ✓ Botas de hule ✓ Bata ✓ Tapones auditivos ✓ Calcetines (si el área a ingresar lo requiere) ✓ Chumpa (si el área a ingresar lo requiere) |
| Precauciones | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipos en marcha, tener cuidado con partes rotatorias ✓ Cuidado con la forma de toma de lectura en lugares altos (1 m) ✓ En área de calderas cuidado al moverse de un punto a otro en la toma de medición. ✓ No tocar el lugar donde se toma lectura podría estar demasiado caliente ✓ Tener cuidado al manipular el equipo, ver que los cables no se coloquen mal y la posición en la que se tomara la lectura |
| Indicaciones | |
| Mediciones de rodamientos con ultrasonido | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Imprimir Listado de equipos a analizar y ruta a seguir ✓ Calibrar equipo (velocidad sónica) ✓ Limpiar el área a medir ✓ Usar el módulo de contacto (estetoscopio) ✓ Seleccionar la frecuencia deseada (de realizarse a una sola frecuencia considere 30KHz) ✓ Seleccione un punto de inspección en la carcasa y márkelo para el futuro. Toque el punto con el módulo. En censado ultrasónico, a mayores medios o materiales que deba atravesar, menor será la precisión de la lectura. Por lo tanto, asegúrese que la punta de prueba está tocando la carcasa. Si resultara difícil, trate de acercarse lo más que pueda ✓ Acercar a la pieza desde el mismo ángulo, tocando la misma área ✓ Reducir la sensibilidad para oír la calidad del sonido en forma clara ✓ Prestar atención al sonido a través de los auriculares para oír la calidad de la señal para una apropiada interpretación ✓ Seleccionar las piezas bajo condiciones de carga similares y a una misma velocidad de rotación ✓ Comparar diferencias de las lecturas y la calidad del sonido |
| Proceso básico para testeo, el comparativo | El comparativo involucra la inspección de dos o más piezas similares y comparación de diferencias potenciales. |
| <p>NOTA:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Para otras aplicaciones de ultrasonido ver manual de usuario para ver los paso que indica y poder realizar, de acuerdo a la necesidad que se tenga – Cualquier situación que pueda parecer anormal se debe reportar a personal encargado de mantenimiento. – Avisar a encargado del área o auxiliares de mantenimiento, para que se puede generar la orden de trabajo y resolver el problema – En caso de ser necesario y tener duda con algún equipo respecto al dato, solicitar un análisis de vibraciones. | |

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Termografía

La termografía infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para ver en estas longitudes de onda. Esto permite medir la energía radiante emitida por objetos y por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial, ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación, están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de termovisión por infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos: ensayos, radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, etc.

El análisis mediante cámaras termográficas infrarrojas, está recomendado para:

- ✓ Instalaciones y líneas eléctricas de alta y baja tensión
- ✓ Conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos
- ✓ Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- ✓ Rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos
- ✓ Hornos, calderas e intercambiadores de calor
- ✓ Instalaciones de climatización
- ✓ Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos

Figura 23. **Vista de cámara termográfica de la serie T200, Flir Systems**



Fuente: Flir System. http://www.flir.com/uploadedFiles/Thermography_Americas/Products/Product_Literature/T_Series_8p_ES.pdf. Consulta: 11 de julio de 2013.

Figura 24. **Ejemplo de aplicación de termografía**



Fuente: Flir System. http://www.flir.com/uploadedFiles/Thermography_Americas/Products/Product_Literature/T_Series_8p_ES.pdf. Consulta: 11 de julio de 2013.

Tabla XI. Formato inspecciones termografía

| FORMATO MODELO | TERMOGRAFÍA |
|--|--|
| La técnica de TERMOGRAFIA se realiza con el equipo en marcha y los equipos a los cuales se les podrá tomar una fotografía en su mayoría serán de equipos de electricidad y electrónicos. | |
| Equipo de seguridad | <p style="text-align: center;">Áreas externas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Casco de protección ✓ Lentes protectores ✓ Mascarilla ✓ Botas (punta de acero y suela antideslizante) ✓ Tapones auditivos (si el ruido es excesivo) |
| | <p style="text-align: center;">Áreas internas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Redecilla para la cabeza ✓ Mascarilla ✓ Guantes plásticos ✓ Botas de hule ✓ Bata ✓ Tapones auditivos ✓ Calcetines (si el área a ingresar lo requiere) ✓ Chumpa (si el área a ingresar lo requiere) |
| Precauciones | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipos en marcha, tener cuidado con partes rotatorias principalmente motores eléctricos ✓ Al abrir tableros de alto voltaje, utilizar equipo adecuado para proceder a quitar la tapadera ✓ Hacer una inspección a través de ultrasonido para descartar cualquier arco eléctrico que se pudiera hacer presente en los circuitos. ✓ Evitar tocar cualquier alambre, cable, interruptor antes de la inspección para evitar lesiones ✓ Verificar que la temperatura donde se tomara la fotografía no sea mayor a la que indica el manual de la cámara termográfica y evitar daños a la cámara. ✓ No apunte con la cámara de infrarrojos (con o sin la protección de la lente) a fuentes de energía intensas (eje. dispositivos que emitan radiación láser o el sol) ✓ No utilizar la cámara con temperaturas superiores a +50 °C, a menos que los datos técnicos indique lo contrario, podrían dañar la cámara ✓ Al limpiar la lente infrarroja no hacerlo en exceso, podría dañar la capa antirreflectante |
| Indicaciones | |
| Toma de fotografías a equipos eléctricos y electrónicos | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Imprimir listado de equipos a analizar y ruta a seguir ✓ Calibrar resolución para mejor vista de 200 x 150 hasta los 320 x 240 píxeles, según sea la adecuada. ✓ Colocar la sensibilidad de la cámara para obtener detalles finos de la imagen ✓ Definir rangos de temperatura para realizar medición de -20 °C a +120 °C o 0° a +350 °C ✓ Realizar la toma de fotografía infrarroja ✓ Abrir la tapadera que protege el equipo (para este caso todos los tableros eléctricos) ✓ Tomar la distancia adecuada, para obtener una imagen clara y sencilla ✓ Fijar el punto que se vea más caliente y anotar cual es el punto específico el cual se ve con una temperatura fuera de lo aceptable. ✓ anotar el numero de fotografía en hoja de revisión para su respectivo análisis ✓ Apagar la cámara después de terminar con el análisis de la ruta de cada equipo ✓ Bajar las imágenes al software proporcionado por Flir System ✓ Guardar las fotografías y proceda a realizar los análisis correspondientes ✓ Realizar el resumen y entregue a encargado para que pueda hacer las ordenes correspondientes de acuerdo a como se vea el valor de temperatura de la fotografía. |
| <p>NOTA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leer manual para otras aplicaciones de termografía y técnicas para toma de infrarrojos - Cualquier situación que pueda parecer anormal se debe reportar a personal encargado de mantenimiento. - Avisar a encargado del área o auxiliares de mantenimiento, para que se puede generar la orden de trabajo y resolver el problema - En caso de ser necesario y tener duda con algún equipo respecto al valor, tomar nuevamente la fotografía y así estar más claro del comportamiento | |

Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Vibraciones

En la planta aún no se cuenta con un equipo especializado para realizar las mediciones de vibración en los equipos, pero se dejará el detalle del formato para futura adquisición del mismo. Ya que será de mucha utilidad en el análisis de los diferentes equipos que posee la planta.

Las máquinas, a las cuales se les hacen las mediciones de vibraciones, tienen puntos marcados en donde se colocan los sensores, esto lo hace una empresa externa llamada NILS PIRA & CIA S. A.

- ✓ El análisis se realiza para establecer la condición de los equipos
- ✓ Las mediciones se realizaron con equipo ADASH referencia VA4300

En cada punto de medición (rodamiento de apoyo) se tomaron registros en unidades de velocidad en la dirección vertical y horizontal (mm/s RMS), y un registro axial por cada eje, en unidades de aceleración (Gs) y en unidades de envolvente para rodamientos en la dirección horizontal. También se tomaron registros de Factor de Cresta y Kurtosis, para evaluación de rodamientos en la dirección horizontal.

Los registros en unidades de velocidad, indican problemas presentados a la frecuencia de giro del equipo, tal como desbalanceo, desalineamiento, soldadura mecánica, etc. Los registros en unidades de aceleración en cambio, indican defectos del equipo presentados a elevadas frecuencias, como por ejemplo problemas de engranajes, rodamientos, etc. Los registros en unidades de envolvente, son utilizados para determinar problemas en rodamientos, ya que utilizan una técnica especial de filtrado a muy alta frecuencia y entregan

información específica y temprana de la evolución de defectos en rodamientos, engranajes y el elemento específico en donde estos se desarrollan.

Los valores globales de vibración se clasifican de acuerdo a los siguientes rangos de severidad.

Normal:

El equipo presenta niveles satisfactorios de vibración. La medición se debe realizar según la programación.

Aceptable:

El equipo presenta niveles medios de vibración, se requiere hacer seguimiento.

Ligeramente severo:

Los niveles de vibración han alcanzado la primera alerta, se requieren mediciones más frecuentes, las revisiones se pueden programar para la próxima parada de mantenimiento.

Severo:

Los niveles de vibración han pasado al rango de peligro y son intolerables. Se debe sacar el equipo de operación de inmediato, pues se corre el riesgo de daño elevado en elementos internos y estructurales si se continúa operando en esta condición.

En la siguiente tabla se establece el código de colores para los niveles de alarma.

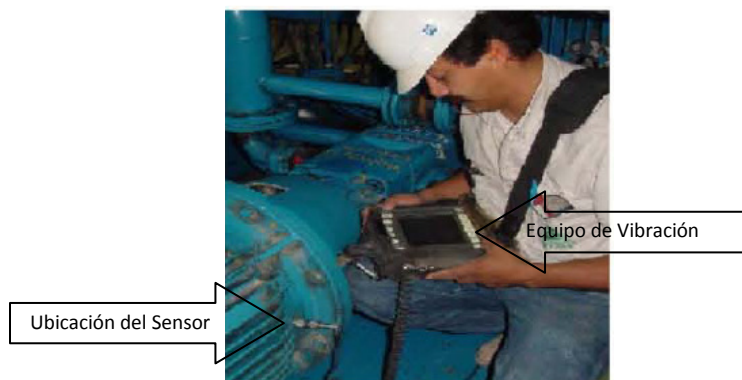
Tabla XII. **Niveles aceptables del equipo de acuerdo a colores**

| CONDICION DINAMICA | COLOR |
|--------------------|------------|
| NORMAL | Amarillo |
| ACEPTABLE | Celeste |
| LIGERAMENTE SEVERO | Anaranjado |
| SEVERO | Rojo |

Fuente: informe análisis vibraciones NILS PIRA Y CIA S. A. p. 3.

Luego de haberse recolectado la información es descargada en el software en donde es procesada para la creación de espectros, hacer el análisis y comparación con las alarmas correspondientes a cada equipo.

Figura 25. **Ejemplo de medición de vibración**



Fuente: implementación programa Monitoreo de Condición. p. 111.

Tabla XIII. **Formato vibraciones**

| FORMATO MODELO | VIBRACIONES |
|---|---|
| La técnica de VIBRACIONES se realiza con el equipo en marcha y no se hace a carga normal, se debería de realizar al menos una vez al año, solo algunos equipos los más importantes del listado se les realiza este análisis. | |
| Equipo de seguridad | Áreas externas |
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Casco de protección ✓ Lentes protectores ✓ Mascarilla ✓ Botas (punta de acero y suela antideslizante) ✓ Tapones auditivos (si el ruido es excesivo) |
| | Áreas internas |
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Redecilla para la cabeza ✓ Mascarilla ✓ Guantes plásticos (depende donde se ubique) ✓ Botas de hule ✓ Bata ✓ Tapones auditivos (si el ruido es excesivo) ✓ Calcetines (si el área a ingresar lo requiere) ✓ Chumpa (si el área a ingresar lo requiere) |
| Precauciones | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipos en marcha, tener cuidado con partes móviles. ✓ al utilizar el equipo, tener cuidado con el agua que utilizan los operadores para limpieza, podría dañar el equipo. ✓ Tener el cuidado que el cable del sensor quede fuera del alcance de las partes rotatorias |
| Indicaciones | |
| Lectura de vibraciones | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cargar ruta de equipo a ser analizado a través del software ✓ 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 programa de la computadora ✓ Poner a cargar batería |
| Análisis de vibraciones | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Imprimir reporte para realizar OT ✓ Revisar los equipos que estén en alarma; los espectros y tendencias ✓ Verificar en caso de que exista alguna duda en toma de vibraciones |
| Análisis de temperatura | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Imprimir reporte para ver condiciones ✓ Revisión de los equipos en alarma en las tendencias ✓ Verificar en caso de que exista alguna duda en toma de temperatura |
| NOTA: | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Cualquier situación que pueda parecer anormal se debe reportar a personal encargado de mantenimiento. – Avisar a encargado del área o auxiliares de mantenimiento, para que se puede generar la orden de trabajo y resolver el problema – Antes de realizar el diagnóstico se debe de coordinar cual será el equipo a ser analizado, para solicitar al menos una persona que esté en todo el proceso de análisis y que sirva de apoyo en lo que pueda pedirse en ese momento. | |

Fuente: elaboración propia.

En las tablas siguientes de rutas consideradas para las distintas técnicas a aplicar en equipos críticos 2.2.6, se muestra el formato de procedimiento para efectuar inspecciones de ultrasonido, termografía y vibraciones a equipos críticos de los diferentes sistemas que se tienen en la planta. También se agregan los de temperatura, VOSO los cuales han sido hasta el momento una de las que han apoyado a los diferentes equipos para monitorear previniendo cualquier indicio de posible falla en la maquinaria.

2.2.6. Rutas consideradas para las distintas técnicas a aplicar en equipos críticos

En esta parte se muestran los equipos que se van a monitorear, separados por áreas de toda la planta. Se realiza de esta manera por la forma en que se encuentran ubicados los equipos y no por tipo de equipos ya que los mismos están en lugares distintos, pero se puede realizar un listado de equipos por tipo, hacer el recorrido correspondiente y verificar los puntos específicos, los cuales se detallarán más adelante.

En las siguientes tablas se muestran las rutas establecidas por áreas en la planta de los diferentes equipos.

Tabla XIV. **Exteriores segundo nivel (arriba lavado de canastas)**

| Exteriores segundo nivel (arriba lavado de canastas) | | | |
|---|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | CR-007 | Compresor reciprocante SMC106L | R1 |
| 2 | CR-008 | Compresor reciprocante SMC106L | R1 |
| 3 | CR-009 | Compresor reciprocante SMC104L | R1 |
| 4 | CT-003 | Compresor tornillo refrigeración (alta) | R1 |
| 5 | CT-004 | Compresor tornillo refrigeración (baja) | R1 |
| 6 | CT-008 | Compresor tornillo refrigeración (RWFII134H) | R1 |
| 7 | TC-005 | Torre de enfriamiento XLP S-250 S | R1 |
| 8 | TC-006 | Torre de enfriamiento XL745RH/alta/baja | R1 |
| 9 | TC-008 | Torre de enfriamiento VCA-451A | R1 |
| 10 | TR-009 | Deposito tanque recirculador alta VCR36-116 | R1 |
| 11 | TR-010 | Deposito tanque recirculador baja VCR30-113 | R1 |
| 12 | TR-012 | Deposito tanque recirculador Sabroe | R1 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XV. **Exteriores 1er y 2do nivel (compresores Frick)**

| Exteriores 1er y 2do nivel (compresores Frick) | | | |
|---|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | CT-002 | Compresor tornillo refrigeración TDSH 233S | R2 |
| 2 | CT-005 | Compresor tornillo refrigeración RWF 134H | R2 |
| 3 | CT-006 | Compresor tornillo refrigeración RWF 134H Blast | R2 |
| 4 | TC-002 | Intercambiador torre de enfriamiento C&R/XLP S 520 | R2 |
| 5 | TC-003 | Intercambiador torre de enfriamiento C&R/XLP S 520 | R2 |
| 6 | TC-007 | Intercambiador torre enfriamiento XLP-M190 RH | R2 |
| 7 | TR-005 | Deposito tanque (Koppens) Frick Company | R2 |
| 8 | TR-011 | Depositotanque recirculador Frick | R2 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XVI. **Exteriores techo (lado oficinas administrativas)**

| Exteriores techo (lado oficinas administrativas) | | | |
|---|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | AA-001 | Intercambiador aire acondicionado NAC060AKA9 | R3 |
| 2 | AA-004 | Intercambiador aire acondicionado NAC060AKA9 | R3 |
| 3 | AA-006 | Intercambiador aire acondicionado NAC048AKA1 | R3 |
| 4 | CS-001 | Compresor semihermético 4DT3-220E-TSK-229 | R3 |
| 5 | CS-002 | Compresor semihermético 4DT3-220E-TSK-229 | R3 |
| 6 | MH-002 | Intercambiador máquina de hielo M60.SS.FC-06 | R3 |
| 7 | MH-003 | Intercambiador máquina de hielo M60.SS.FC.11 | R3 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XVII. **Talleres (caldera)**

| Talleres (caldera) | | | |
|---------------------------|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | BA-002 | Bomba centrífuga (agua) /B15TPM | R4 |
| 2 | BA-003 | Bomba centrífuga (agua) /B15TPM | R4 |
| 3 | BA-004 | Bomba centrífuga (agua) /LESSON | R4 |
| 4 | CA-001 | Compresor tornillo aire comprimido LS-10 25H AC | R4 |
| 5 | CA-002 | Compresor tornillo aire comprimido 10-25 AC/AC | R4 |
| 6 | CA-003 | Compresor tornillo aire comprimido 3709/A | R4 |
| 7 | CA-004 | Compresor tornillo aire comprimido Kaeser AS 36 | R4 |
| 8 | CF-001 | Caldera aceite térmico Fulton FT-0600C | R4 |
| 9 | CV-001 | Caldera de vapor SPHV-200-6 2000175 | R4 |
| 10 | CV-002 | Caldera de vapor 576- SPHV-250-6 | R4 |
| 11 | SR-001 | Secador de aire Kaeser/TC-31 | R4 |
| 12 | SR-002 | Intercambiador secador de aire (secador) Kaeser | R4 |
| 13 | SR-003 | Intercambiador secador de aire (Sullair) | R4 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XVIII. **Exteriores entretecho (bombas de vacío)**

| Exteriores entretecho (bombas de vacío) | | | |
|--|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | BV-001 | Bomba de vacío (mezcladora FPEC) RA0100B 5M3 | R5 |
| 2 | BV-005 | Bomba de vacío (supervac) RA0250 D5Z1 OMZZ | R5 |
| 3 | BV-006 | Bomba de vacío (multivac) RA0250 D 5Z3 ZZZ | R5 |
| 4 | BV-008 | Bomba de vacío (multivac) Busch/RA250 D5Z3DLZZ | R5 |
| 5 | BV-010 | Bomba de vacío (multivac) RA0250 D 5Z3 ZZZ | R5 |
| 6 | BV-013 | Bomba vacío (vemag HP10) Busch/RA 0100E 5Z3 | R5 |
| 7 | BV-014 | Bomba vacío (multivac) RA0255.D506.1101 | R5 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XIX. **Embutidos salchicha (fabricación)**

| Embutidos salchicha (fabricación) | | | |
|--|---------------|-----------------------------------|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | CU-002 | Cortadora cutter TECMAQ/300 | R6 |
| 2 | CU-004 | Cortadora cutter CM/CFS | R6 |
| 3 | MT-004 | Molino tornillo CFS/AUTOGRIND 200 | R6 |
| 4 | MT-005 | Molino tornillo Weiler/1612 | R6 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XX. **Embutidos salchicha (cocina)**

| embutidos salchicha (cocina) | | | |
|-------------------------------------|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | HV-005 | Horno vapor Maürer/ASH 72AL (PCC) | R7 |
| 2 | HV-006 | Horno vapor Schröter/SMOKjet RH09 (PCC) | R7 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXI. **Embutidos salchicha (empaque)**

| embutidos salchicha (empaque) | | | |
|--------------------------------------|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | SV-003 | Empacadora de vacío continua (selladora) R5200 | R8 |
| 2 | SV-004 | Empacadora de vacío continua (selladora) R330 | R8 |
| 3 | SV-005 | Empacadora de vacío continua (selladora) R530 | R8 |
| 4 | SV-006 | Empacadora de vacío continua (selladora) R530 | R8 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXII. **Embutidos jamones (fabricación/producción/cocina)**

| Embutidos jamones (fabricación/producción/cocina) | | | |
|--|---------------|----------------------------------|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | CU-001 | Cortadora cutter CFS/VSM500 | R9 |
| 2 | HV-001 | Horno vapor fessman/T-7000 (PCC) | R9 |
| 3 | HV-002 | Horno vapor fessman/T-7000 (PCC) | R9 |
| 4 | HV-003 | Horno vapor fessman/T-7000 (PCC) | R9 |
| 5 | MT-001 | Molino tornillo weiler/1109 | R9 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXIII. **Embutidos jamones (empaque)**

| Embutidos jamones (empaque) | | | |
|------------------------------------|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | RJ-001 | Cortadora rodajadora (uni-Slicer) CFS | R10 |
| 2 | RJ-002 | Cortadora rodajadora (uni-Slicer) CFS | R10 |
| 3 | SV-001 | Empacadora de vacío continua (selladora) R5200 | R10 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXIV. **Formados (producción/fabricación)**

| Formados (producción/fabricación) | | | |
|--|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | BB-002 | Bomba centrífuga CFS/MK200H | R11 |
| 2 | BB-003 | Bomba de batter mixer 200P | R11 |
| 3 | BB-004 | Bomba de batter mixer 200P | R11 |
| 4 | EM-003 | Empanizadora (empanizadora 600)1385 | R11 |
| 5 | EM-004 | Empanizadora easy flour 600/1545 | R11 |
| 6 | FM-003 | Formadora (formadora koppens VM600HSE)/692 | R11 |
| 7 | FM-004 | Formadora koppens MLF600/856 | R11 |
| 8 | FM-005 | Formadora (formadora 400) CFS/MLF400 | R11 |
| 9 | FP-004 | Freidora koppens easy fry 5000/650 | R11 |
| 10 | MP-002 | Mezcladora de paletas (MTC) /MTBV-23-020-P | R11 |
| 11 | MT-006 | Molino tornillo (molino) weiller/878 | R11 |
| 12 | RP-003 | Rebosadora (rebosadora) CFS/WTC600 | R11 |
| 13 | SB-002 | Cortadora de banda (sierra formados) biro/1433 | R11 |
| 14 | HC-001 | Fully cooked horno cookstar 600/6/170 (PCC) | R11 |
| 15 | HC-002 | Fully cooked horno cookstar 600/6/170 (PCC) | R11 |
| 16 | RP-001 | Fully cooked rebosadora (rebosadora) CFS/ER400 | R11 |
| 17 | RP-004 | Rebosadora koppens WTC600 | R11 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXV. **Formados (producción)**

| Formados (producción) | | | |
|------------------------------|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TU-002 | Intercambiador (tunel koppens 600) SVR600/20.75 | R12 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXVI. **Formados (producción)**

| Formados (producción) | | | |
|------------------------------|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TU-004 | Intercambiador (tunel) IQF/ GC600-08-24-14 NS | R13 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXVII. **Formados (empaquete)**

| Formados (empaquete) | | | |
|-----------------------------|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | EB-002 | Embolsadora cinpack VM3-260 | R14 |
| 2 | TP-001 | Transporte de producto banda (jirafa 400) 810 | R14 |
| 3 | TP-002 | Transportador de producto banda (jirafa 600) | R14 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXVIII. **Cafetería (comedor principal)**

| Cafetería (comedor principal) | | | |
|--------------------------------------|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | IA-012 | Ventilador inyector (inyector cafetería) | R15 |
| 2 | TD-096 | Tablero eléctrico dist (cafetería microondas 1) | R15 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXIX. **Cámaras (evaporadores 10, 26 y 34)**

| Cámaras (evaporadores 10, 26 y 34) | | | |
|---|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | EV-033 | Intercambiador evaporador (blast freezer) Frick Company/ICA 4C-9010-3-7.5 LH | R16 |
| 2 | EV-034 | Intercambiador evaporador (cámara # 10) frick company SCA 463TL LH1 | R16 |
| 3 | EV-035 | Intercambiador evaporador (cámara # 10) frick company SCA 463TL LH2 | R16 |
| 4 | EV-031 | Intercambiador evaporador (secadero) frick Company/FF2S-3084-2RH-10-LH | R16 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXX. **Áreas comunes (pasillo lado B)**

| Áreas comunes (pasillo lado B) | | | |
|---------------------------------------|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-043 | Tablero eléctrico dist. lado B 480V | R17 |
| 2 | TD-044 | Tablero eléctrico dist. lado B 240V | R17 |
| 3 | TD-045 | Tablero eléctrico dist, /Lado B 208/120V | R17 |
| 4 | TD-046 | Tablero electrico dist. /CK-W 661ventiladores envasados | R17 |
| 5 | TD-047 | Tablero eléctrico dist. iluminación producción salchicha | R17 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXXI. **Subestación (SE-003, 2 MVA)**

| Subestación (SE-003, 2 MVA) | | | |
|------------------------------------|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-048 | Tablero eléctrico dist. sub estación 2MVA | R18 |
| 2 | TD-049 | Tablero eléctrico principal 480/277 VCA 3000 AMP | R18 |
| 3 | TD-050 | Tablero eléctrico transferencia sub estación 2MVA | R18 |
| 4 | TF-004 | Transformador eléctrico cutler hammer | R18 |
| 5 | TF-005 | Transformador eléctrico cutler hammer | R18 |
| 6 | UC-003 | Banco de capacitores sub estación 2MVA | R18 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXXII. **Exteriores 2do nivel (lavado de canastas)**

| Exteriores 2do nivel (lavado de canastas) | | | |
|--|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-059 | Tablero eléctrico principal compresor sabroe | R19 |
| 2 | TD-060 | Tablero eléctrico arranque compresor sabroe # 1 | R19 |
| 3 | TD-061 | Tablero eléctrico (panel de mando) | R19 |
| 4 | TD-062 | Tablero eléctrico arranque compresor sabroe # 2 | R19 |
| 5 | TD-063 | Tablero eléctrico control de temperatura | R19 |
| 6 | TD-064 | Tablero eléctrico distribución 120V | R19 |
| 7 | TD-065 | Tablero eléctrico arranque compresor sabroe # 3 | R19 |
| 8 | TD-066 | Tablero eléctrico distribución | R19 |
| 9 | TD-067 | Tablero eléctrico arranque # 1 (R43HDMS) | R19 |
| 10 | TD-068 | Tablero eléctrico arranque # 2 | R19 |
| 11 | TD-069 | Tablero eléctrico mandos # 3 baja temperatura | R19 |
| 12 | TD-070 | Tablero eléctrico mandos # 2 evaporador fabricación | R19 |
| 13 | TD-071 | Tablero eléctrico mandos 1 | R19 |
| 14 | TD-072 | Tablero eléctrico distribución (electrix) | R19 |
| 15 | TD-073 | Tablero eléctrico dist. (control iluminación sabroe) TL812 | R19 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXXIII. **Exteriores 2do nivel (compresores Frick)**

| Exteriores 2do nivel (compresores Frick) | | | |
|---|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-074 | Tablero eléctrico dist. (control cámara descongelados) | R20 |
| 2 | TD-075 | Tablero eléctrico dist. (control cámara # 2) | R20 |
| 3 | TD-077 | Tablero eléctrico dist. (control compresor vilter # 4) | R20 |
| 4 | TD-078 | Tablero eléctrico dist. (control compresor vilter # 3) | R20 |
| 5 | TD-079 | Tablero eléctrico dist. (control compresor vilter # 2) | R20 |
| 6 | TD-080 | Tablero eléctrico dist. (control compresor vilter # 1) | R20 |
| 7 | TD-081 | Tablero eléctrico dist. (control camara 24) | R20 |
| 8 | TD-082 | Tablero eléctrico dist (camara salmuera) | R20 |
| 9 | TD-086 | Tablero eléctrico dist (control mmaquina de hielo) | R20 |
| 10 | TD-087 | Tablero eléctrico dist control (cámara 4 y cámara 8) | R20 |
| 11 | TD-095 | Tablero Eléctrico dist. (mandos cámara 12) | R20 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXXIV. **Áreas comunes (pasillo formados)**

| Áreas comunes (pasillo formados) | | | |
|---|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-003 | Tablero eléctrico dist TD-1400 277-480V CCB refrigeración | R21 |
| 2 | TD-004 | Tablero eléctrico dist. aire acondicionado TC1102B | R21 |
| 3 | TD-005 | Tablero eléctrico dist. breaker principal TD-1201 120/240V | R21 |
| 4 | TD-006 | Tablero eléctrico dist. TD-611 480V NHCB producción formados | R21 |
| 5 | TD-007 | Tablero eléctrico dist. CCB /TD-610 480V producción formados | R21 |
| 6 | TD-008 | Tablero eléctrico dist. THQL TD-1104 120/208V | R21 |
| 7 | TD-009 | Tablero eléctrico dist. inyectores iluminación formados | R21 |
| 8 | TD-031 | Tablero eléctrico dist /THQL TD 1201A 120/240V | R21 |
| 9 | TD-032 | Tablero eléctrico dist. /THQL TD1201B 120/240V | R21 |
| 10 | TD-054 | Tablero eléctrico dist. / NHCB fully cooked 480V # 1 | R21 |
| 11 | TD-055 | Tablero eléctrico dist. /NHCB fully cooked 480V # 2 | R21 |
| 12 | TD-094 | Tablero eléctrico dist. /THQL A/C bodega repuestos | R21 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXXV. **Talleres (área caldera/soldadura)**

| Talleres (área caldera/soldadura) | | | |
|--|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-010 | Tablero eléctrico dist. inyectores cocina | R22 |
| 2 | TD-033 | Tablero eléctrico distribución TD1300 277/480 | R22 |
| 3 | TD-051 | Tablero eléctrico dist. bombas agua | R22 |
| 4 | TD-052 | Tablero eléctrico distribución taller soldadura | R22 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXXVI. **Exteriores (compresores Frick)**

| Exteriores (compresores Frick) | | | |
|---------------------------------------|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-056 | Tablero eléctrico control fully cooked | R23 |
| 2 | TD-057 | Tablero eléctrico distribución fully cooked (electrix) | R23 |
| 3 | TD-058 | Tablero eléctrico arranque fully cooked (ram industries) | R23 |
| 4 | TD-076 | Tablero eléctrico dist. (control cámara # 3) | R23 |
| 5 | TD-092 | Tablero electrico dist (control bombas) | R23 |
| 6 | TD-093 | Tablero electrico dist (control arranque suave compresor tunel koppens) | R23 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXXVII. **Exteriores (subestación 1 MVA y 630 KVA)**

| Exteriores (subestación 1 MVA y 630 KVA) | | | |
|---|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-011 | Tablero eléctrico dist. CCB principal TP1000 | R24 |
| 2 | TD-012 | Tablero eléctrico NCB dist. TD1200 | R24 |
| 3 | TD-013 | Tablero eléctrico Dist principal CCB TP600 480V | R24 |
| 4 | TD-014 | Tablero eléctrico NCB dist. TD1100 120V | R24 |
| 5 | TD-015 | Tablero eléctrico THQL Dist.TD1101 120/208V | R24 |
| 6 | TD-016 | Tablero eléctrico dist. TD1102 120/208V | R24 |
| 7 | TD-017 | Tablero eléctrico dist. transferencia | R24 |
| 8 | TD-018 | Tablero eléctrico regulado UPS | R24 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXXVIII. **Áreas comunes (cuarto del generador)**

| Áreas comunes (cuarto del generador) | | | |
|---|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | SE-001 | Sub estación eléctrica 1MVA/SHT | R25 |
| 2 | SE-002 | Sub estación eléctrica 630KVA | R25 |
| 3 | TF-001 | Transformador eléctrico siemens 225KVA | R25 |
| 4 | TF-002 | Transformador eléctrico # 2 | R25 |
| 5 | TF-003 | Transformador eléctrico acme 150KVA/acme/ UL | R25 |
| 6 | UC-001 | Banco de capacitores # 1SIEMENS (sub estación de 1MVA) | R25 |
| 7 | UC-002 | Banco capacitores # 2 (sub estación de 630 KVA) | R25 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XXXIX. **Exteriores (acometidas principales en calle)**

| Exteriores (acometidas principales en calle) | | | |
|---|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | 270086 | Acometida principal frente sub 630 KVA (It's & pt's) | R26 |
| 2 | 270086 | Acometida principal frente sub 630 KVA(Seccionadores) | R26 |
| 3 | Poste 1 | Acometida principal (lado este) | R26 |
| 4 | Poste 2 | Acometida principal (lado oeste) | R26 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XL. **Áreas comunes (pasillo lado A)**

| Áreas comunes (pasillo lado A) | | | |
|---------------------------------------|---------------|--|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-021 | Tablero eléctrico dist extractores aire envasados | R27 |
| 2 | TD-022 | Tablero eléctrico NHCB Dist. TD1700 envasados | R27 |
| 3 | TD-023 | Tablero eléctrico B-Line systems/ dist. TD1203 envasados | R27 |
| 4 | TD-024 | Tablero eléctrico B-Line systems Dist. 220 bandas envasados | R27 |
| 5 | TD-025 | Tablero eléctrico B-Line systems/ Dist. 110/220 iluminación emp. jamon | R27 |
| 6 | TD-088 | Tablero eléctrico dist. (inyectores aire envasados) | R27 |
| 7 | TD-027 | Tablero eléctrico dist NHCB 277/480 | R27 |
| 8 | TD-028 | Tablero eléctrico distr120/240 | R27 |
| 9 | TD-029 | Tablero eléctrico 120/208V | R27 |
| 10 | TD-034 | Tablero eléctrico dist. lado A 480V | R27 |
| 11 | TD-035 | Tablero eléctrico dist. lado A 240V | R27 |
| 12 | TD-036 | Tablero eléctrico dist. lado A 208/120V regulado | R27 |
| 13 | TD-037 | Tablero eléctrico dsit. lado A (4) 208/120V | R27 |
| 14 | TD-038 | Tablero eléctrico dist. lado A (5) 208/120V | R27 |
| 15 | TD-039 | Tablero eléctrico dist. lado A 277V | R27 |
| 16 | TD-040 | Tablero eléctrico distr. lado A (3) 240V | R27 |
| 17 | TD-041 | Tablero electrico dist. iluminación salchicha | R27 |
| 18 | TD-042 | Tablero eléctrico dist. inyectores cocina salchicha | R27 |
| 19 | TD-026 | Tablero eléctrico dist. iluminación | R27 |
| 20 | TD-053 | Tablero eléctrico SVI lavadora canastas | R27 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XLI. **Oficinas administrativas (1er y 2do nivel)**

| Oficinas administrativas (1er y 2do nivel) | | | |
|---|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TD-019 | Tablero eléctrico THQL Dist. TD1103 # 1 | R28 |
| 2 | TD-020 | Tablero eléctrico THQL Dist. TD1103 # 2 | R28 |
| 3 | TD-002 | Tablero eléctrico dsit 120-208V (iluminación oficinas) | R28 |
| 4 | TD-089 | Tablero eléctrico dist. (cámaras de vigilancia) TL812 | R28 |
| 5 | TD-090 | Tablero eléctrico dist (corriente regulada oficinas) TL612 | R28 |
| 6 | TD-091 | Tablero eléctrico dist. iluminación y fuerza TL612 (oficinas) | R28 |
| 7 | TD-097 | Tablero eléctrico dist. TL12412 UPS administración | R28 |

Fuente: programa Máximo.

Tabla XLII. **Exteriores (torre toledo/deposito bunker)**

| Exteriores (torre toledo/deposito bunker) | | | |
|--|---------------|---|-----------------------|
| No. | Código | Descripción del Equipo | Número de ruta |
| 1 | TE-002 | Intercambiador torre de enfriamiento (torre toledo) | R29 |
| 2 | BF-001 | Bomba centrífuga (bunker) Texaco/GG.4195 | R29 |

Fuente: programa Máximo.

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

Por la importancia que tienen los equipos en los procesos de producción se hace necesario incluir al programa de Monitoreo de Condición todo aquel equipo que por criterio deba pertenecer a dicho programa. En la siguiente tabla se encuentra la cantidad total de equipos que se tomaron dentro del programa

de Monitoreo de Condición, los cuales se encuentran enlistados con código y descripciones en las tablas anteriores y la ruta que corresponde a cada uno.

Tabla XLIII. **Listado general de equipos propuestos para el programa de Monitoreo de Condición**

| | Ultrasonido | Termografía | Vibraciones | Total |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------|
| Total | 79 | 138 | 8 | 225 |

Fuente: elaboración propia.

Estos equipos son parte de un equipo padre a los cuales se les monitoreará la parte requerida entre ellos están motores eléctricos, compresores, tableros eléctricos, etc. de una amplia y diversidad de equipos que posee la planta.

Se toma este listado porque se han considerado como una base principal y que son críticos dentro de la planta, pero que más adelante con una mejora continua se podrán ir integrando al programa de monitoreo de condición o que se determine que no es tan necesario el análisis y que deberán de salir del programa, tomando en cuenta criterios de gerente de mantenimiento, jefes de grupo y de la persona encargada de realizar esta tarea.

2.3.1. Datos

Durante las visitas en campo se pudo apreciar que existen puntos marcados para la toma de mediciones con técnicas como ultrasonido y vibraciones estos puntos son importantes para 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 a monitorear, incluyen todos los puntos, lo que podría ocasionar un cierto riesgo de que se produzca la falla en alguno de estos y no sea detectada en las etapas tempranas. Por lo que se hace necesario marcar y adicionar dichos puntos para evitar que esto pase.

Se tendrá que hacer una revisión y actualización de los puntos donde se toman las mediciones de ultrasonido y vibraciones y asegurar que todos los puntos estén correctamente marcados. Para aquellos equipos de los cuales la información en cuanto a su monitoreo es poco o ninguna. 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, las alarmas serán ajustadas de acuerdo a la familia que pertenezcan.

2.3.2. Equipos en que es posible la aplicación de termografía y ultrasonido

Como se ha leído en el capítulo anterior de este documento, se realizó un análisis crítico basado en el software Máximo y de jefes de grupo para iniciar con una base, el cual dió como resultado las máquinas críticas en el proceso de producción de las diferentes áreas de la planta Empacadora de Amatitlán en Guatemala.

Luego de revisar cada uno de los listados dados al inicio de este proyecto y depurar los mismos, con los jefes de grupo y de presentarle los resultados de este análisis al gerente de mantenimiento del Departamento de Conservación Industrial, se ha comentado que los equipos que se muestran en las tablas de la XIII a la XLII como equipos de alto riesgo desde los tableros eléctricos,

compresores, motores, calderas, etc. los cuales afectan en la producción del producto. Por lo que se realizará el análisis de ultrasonido y termografía al equipo que se considere poder realizarle la medición.

Otra de las maquinarias o sistemas que se encuentran clasificados con alto riesgo son las líneas de aire comprimido, esto debido a que el aire comprimido es uno de los suministros más caros para la planta y muchas de las maquinarias utilizan este servicio y necesitan presión en el sistema. En el caso de este sistema se ha determinado que se utilizará ultrasonido para la localización de fugas y condición de motores y compresores en el sistema de aire comprimido.

Uno de los sistemas más importantes en la planta son las máquinas compresoras de refrigeración, los compresores de tornillo Frick que abastecen a todas las cámaras de congelado de materia prima, así como producto terminado, y para esto se decide aplicar ultrasonido a los equipos y termografía en donde se pueda realizar, además estos sistemas usan amoníaco como gas para producir aire frío, por lo que son de importancia.

En resumen, la aplicación de termografía y ultrasonido, además de vibraciones hecha por empresa externa, hasta que se pueda obtener el equipo propio de la planta en el Departamento de Conservación Industrial, para la prevención de paros inesperados por fallas en maquinaria deberá ser enfocada en los aspectos anteriormente mencionados los cuales pueden ser visualizados de mejor manera en la tabla XLIII.

Tabla XLIV. **Tabla resumen de aplicación de termografía y ultrasonido**

| Resumen de aplicación de termografía, ultrasonido y vibraciones | |
|---|--|
| Sistema de vapor | Aplicación de ultrasonido en los motores de las calderas de vapor. |
| | Aplicación de ultrasonido a motores de la caldera de aceite térmico. |
| | Localización de fugas en el sistema. |
| | Análisis de ultrasonido y termografía a motores de Hornos de vapor Fessman, Maürer, Schröther. |
| Sistema de aire comprimido | Localización de fugas refrigerante en equipo intercambiador secador de aire en las tres unidades por medio de ultrasonido. |
| | Aplicación de ultrasonido y termografía a motor, compresor y tablero eléctrico del mando. |
| Tableros eléctricos y electrónicos | Análisis termográfico de los distintos tableros eléctricos y electrónicos de la planta. |
| | Análisis termográfico de los equipos de las subestaciones SE-001, SE-002 y SE-003 (transformadores, unidades capacitores, etc.). |
| Sistema de refrigeración | Análisis termográfico de unidades de aire acondicionado |
| | Análisis de vibración, ultrasonido y termografía a unidades compresoras |
| | Análisis de ultrasonido a intercambiadores torre de enfriamiento a motores de ventiladores, bombas de agua, etc. |

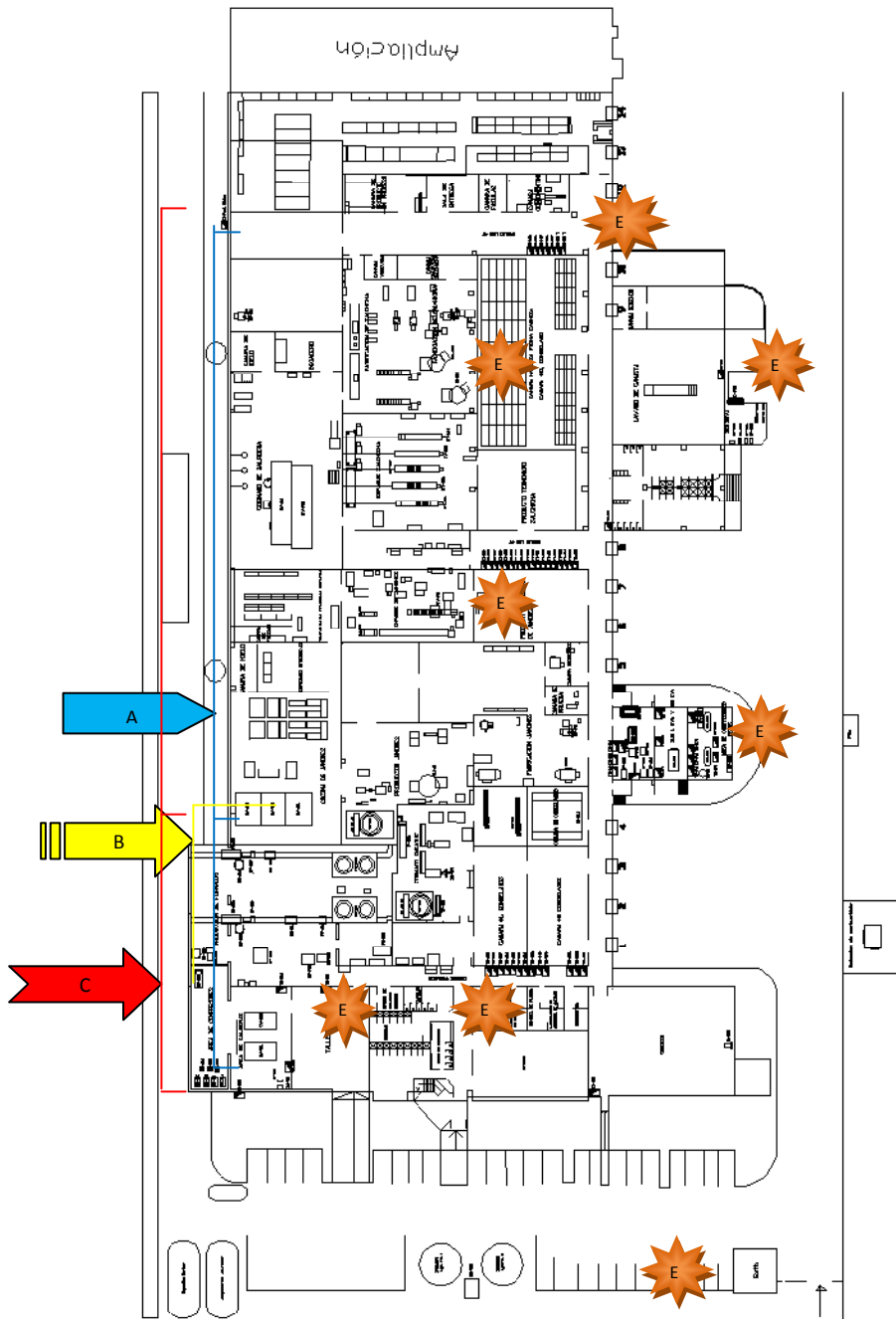
Fuente: elaboración propia.

Ya están definidos los sistemas y las maquinarias en las cuales se aplicará la termografía, el ultrasonido, y la vibración, seguidamente se darán a conocer los equipos a ser monitoreados y los sistemas a los cuales pertenece cada uno.

2.3.3. Identificación y señalización de los equipos en los que se aplicará cada técnica de monitoreo de condición a través de equipo predictivo

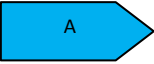
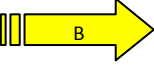
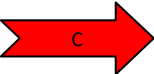

Dentro de la planta hay diversas áreas en los cuales se encuentran las máquinas ya identificadas, para cada una de ellas se tendrá que realizar los respectivos análisis y para una mejor ubicación dentro de la planta, se hace necesario el indicar en un plano las maquinarias y/o sistemas en los cuales consideraron para en plan de monitoreo de condición. En las figuras 26 y 27, se muestran los puntos en los que se aplicarán los estudios antes mencionados.

Figura 26. **Identificación de maquinarias y sistemas para aplicación de termografía y ultrasonido**



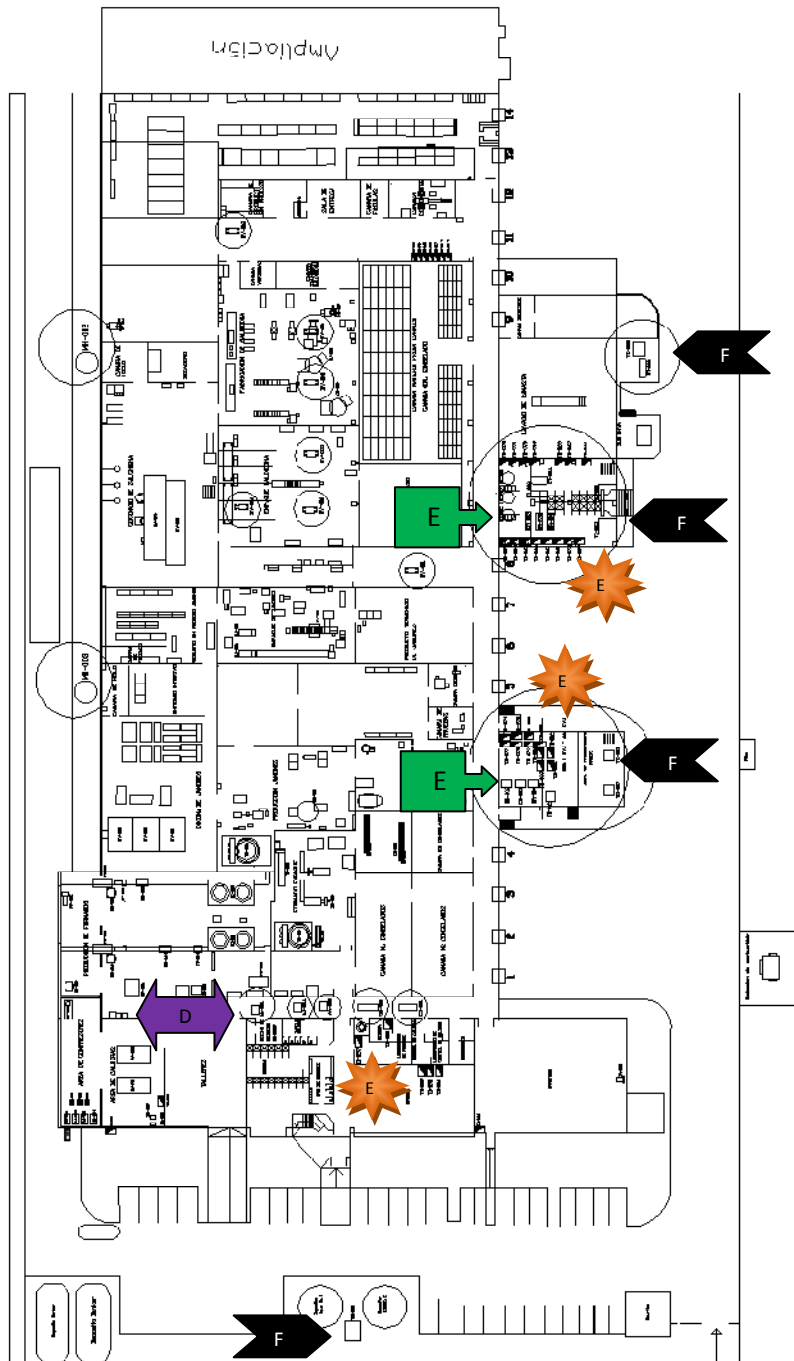
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad 2008.

Tabla XLV. **Detalle de las áreas del primer nivel de los equipos en la planta Toledo**

| Nivel #1 | |
|---|---|
| Descripción | Figura |
| Sistema de vapor CV-001, CV-002 |  |
| Sistema de vapor CF-001 |  |
| Sistema de aire comprimido CA-001, CA-002, CA-003, CA-004, SR-001, SR-002, SR-003 |  |
| Tableros eléctricos y electrónicos |  |

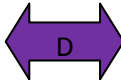



Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Identificación de maquinarias y sistemas para aplicación de termografía y ultrasonido



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad 2008.

Tabla XLVI. **Detalle de las áreas del segundo nivel de los equipos en la planta Toledo**

| Nivel #2 | |
|---|---|
| Descripción | Color |
| Intercambiador aire acondicionado |  |
| Refrigeración |  |
| Intercambiadores torres de enfriamiento |  |
| Tableros eléctricos y electrónicos |  |

Fuente: elaboración propia.

Se observa en la figura 8 del nivel núm. 1 en la figura A esta el sistema de vapor de las calderas en los cuales se harán las pruebas a los motores que tiene y maneja la caldera, ya que son equipos que están trabajando diariamente y a los cuales es poco el monitoreo. En la figura B que también es un sistema de vapor solo que la caldera es de tipo aceite térmico, la cual se harán pruebas en los motores que maneja este sistema y en la figura C se presenta el sistema de aire comprimido que abastece a diferentes equipos de la planta, a estos compresores se le realizará las pruebas, así como también a los secadores de aire para ver si presentan fuga en el circuito y por último en la figura E se

localizan los tableros eléctricos y electrónicos de la planta, tanto de compresores, torres de enfriamiento, distribuciones, bombas de agua, etc. los cuales podrían presentar falla que provoquen paro en la maquinaria.

Se observa en la figura 9 del nivel núm. 2 en la figura D los equipos de aire acondicionado de áreas de producción y oficinas generales, se realizará prueba de ultrasonido, en la figura E se presentan los equipos de refrigeración los cuales generan frío para mantener los productos terminados, materia prima y cuartos en un estado de congelación. En la figura F se tienen las torres de enfriamiento las cuales también poseen motores y bombas de recirculación de agua y deben ser monitoreadas para saber su condición y son importantes en cada sistema. En la figura E los tableros eléctricos o electrónicos que manipula los equipos que se encuentran en esa área y serán monitoreados, para ver si pueden estar en condición de alguna posible falla y evitar y solucionar el problema.

Los sistemas se han identificado al igual que las maquinarias a las cuales se les aplicará termografía, ultrasonido y vibraciones. Los puntos indicados representan la ubicación física de estos en los que se tomarán las muestras para los análisis y en cada uno de ellos se encontraran varios equipos.

Para los sistemas mencionados anteriormente se utilizará la técnica de ultrasonido en cada equipo, esto para verificar el funcionamiento de motores eléctricos, caja reductora, chumaceras, compresores, etc. en la tabla XLVII se detalla la cantidad de componentes a ser revisados o inspeccionados. En los sistemas de los tableros eléctricos y electrónicos se utilizará la técnica de termografía en cada equipo.

Tabla XLVII. **Cantidad y tipos de componentes en los sistemas de Empacadora Amatitlán**

| Tipo de Componente | Cantidad |
|---------------------------|-----------------|
| Motores eléctricos | 128 |
| Compresores | 13 |
| Motoreductor | 15 |
| Caja reductora | 4 |
| Rotobering | 2 |
| Eje de cuchillas | 3 |
| Chumacera | 11 |
| Transformadores | 5 |
| Bombas de vacío | 7 |
| Banco de capacitores | 3 |
| Bombas centrifugas | 4 |
| Tablero de mando | 16 |
| Tuberías | 3 |
| Tableros eléctricos | 103 |
| TOTAL | 242 |

Fuente: elaboración propia.

2.4. Señalizar el punto en el cual se tomarán las mediciones

Conociendo los puntos donde se encuentran los equipos o sistemas a muestrear, se hace necesario marcar con una calcomanía los tableros donde se tomarán las fotografías y marcar con pintura el punto (de preferencia con un punto hecho con punzón), donde se muestreará cada uno de los componentes de los diferentes equipos (motores eléctricos, compresores, etc.).

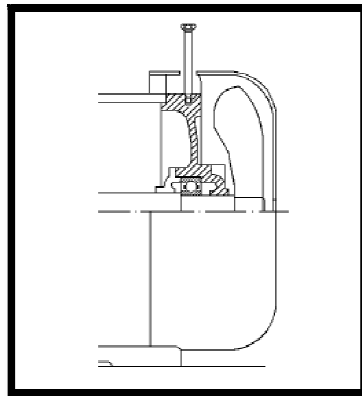
Para el caso de la localización de fugas en los secadores de aire comprimido no es necesario marcar físicamente las tuberías, solo se sigue el recorrido interno de las tuberías en el equipo.

En subtítulos del 2.4.1 al 2.4.3 se muestra el punto donde se marcarán algunos de los componentes de los equipos a monitorear, estos puntos se escogen porque son aquellos donde hay mayor movimiento de los rodamientos.

2.4.1. Agujero pasante para adaptadores largos

La figura A muestra como un punto de medición debajo de una cubierta de ventilador puede ser alcanzado mediante un adaptador largo, a través de un agujero practicado en la tapa.

Figura 28. **Punto de medición para un motor eléctrico**

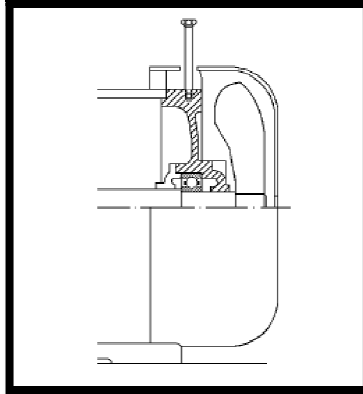


Fuente: guía usuario, ensayo de rodamiento (bearing tester TIMKEM). p. 12.

2.4.2. Adaptador con contratuerca

La figura A muestra como un punto de medición debajo de una cubierta de ventilador puede ser alcanzado mediante un adaptador largo, a través de un agujero practicado en la tapa.

Figura 29. **Punto de medición para un motor eléctrico**



Fuente: guía usuario, ensayo de rodamiento (bearing tester TIMKEM). p. 12.

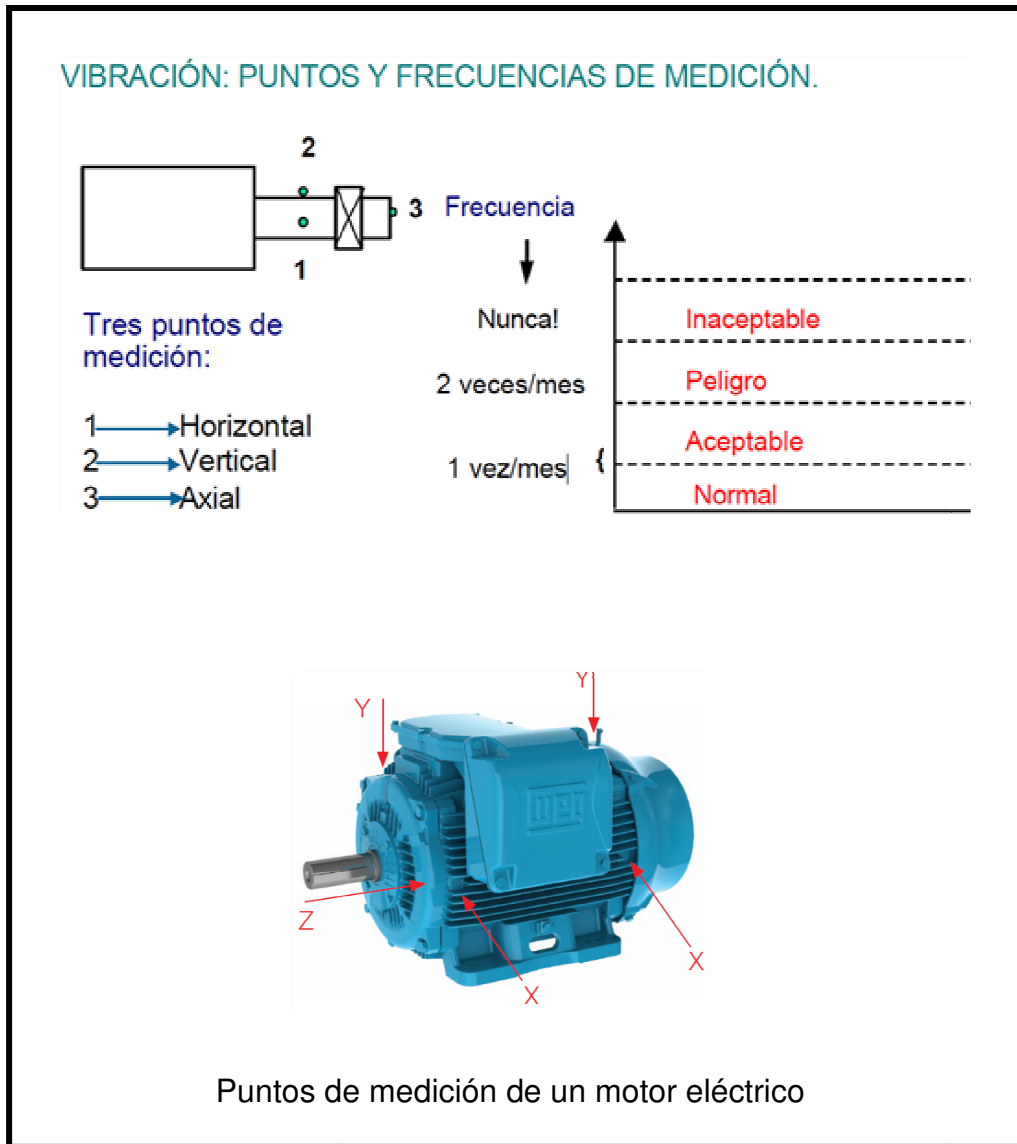
2.4.3. Punto de medición en vibraciones mecánicas

Establecer frecuencias y puntos de medición. Para realizar un monitoreo continuo o monitoreo periódico. Monitoreo continuo: examina las condiciones en forma permanente. Sistema Automático de Recolección de Datos (sensores instalados en equipos críticos, analizando las mediciones a través de un software y este será de acuerdo a las necesidades de la planta). Monitoreo periódico: son mediciones a intervalos regulares. Frecuentemente se obtienen manualmente con instrumentos portátiles.

En cuanto a los puntos de medición se debe considerar la condición mecánica de todos los componentes del equipo. No existe una regla general, hay que conocer la máquina y censar en el punto que realmente se necesite.

En la figura C se muestra los puntos donde se tomará la medición de un equipo, haciendo énfasis a los cojinetes de un motor independiente del tamaño se hará de la misma forma.

Figura 30. **Puntos de medición y frecuencias de medición en equipos a monitorear**



Fuente: http://www.leotecnicas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=107:mantenimiento. Consulta: 16 de septiembre de 2013

2.5. Definición de los puntos de medición

La primera consideración en la elección de los puntos de medición es colocar el transductor lo más cercano posible a la fuente de vibración. No debe instalarse en una superficie excitada por la vibración de la máquina.

Es una práctica común, montar los transductores orientados verticales, horizontal y axialmente; con el eje del sensor orientado hacia el eje de la máquina y perpendicular a la superficie de sujeción.

Para máquinas verticales deben tomar dos radiales y un axial. Para mejores resultados, especialmente a altas frecuencias, la superficie debe ser suave y plana.

Además asegurarse que no existan partículas entre el sensor y la superficie, esta debe estar completamente lisa o con una capa de grasa silicona para elevar la transmisibilidad.

A continuación se muestra algunos ejemplos de componentes a monitorear de los equipos críticos de la planta, y para cada uno de los equipos que se consideraron, se dejará una hoja de Excel con el listado general de las máquinas.

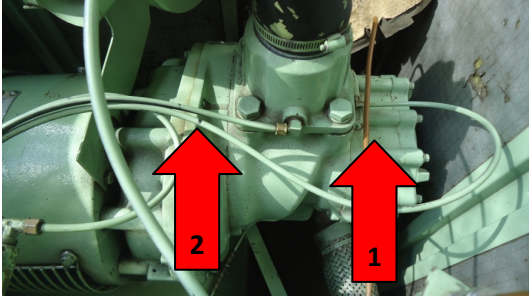
Tabla XLVIII. **Compresor tornillo aire comprimido (compresor) Sullair Corporation/LS-10 25H AC**

| | | |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Código del equipo: | CA-001 | |
| Nombre del Equipo: | Compresor tornillo AC | |
| Componente: | Motor eléctrico | |
| RPM: | 1770 | |
| HP/KW: | 25 Hp | |
| | Punto 1: | Cojinete lado carga |
| | Punto 2: | Cojinete lado ventilador |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Compresor tornillo aire comprimido (compresor) Sullair Corporation/LS-10 25H AC**

| | | |
|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Código del equipo: | CA-001 | |
| Nombre del Equipo: | Compresor tornillo AC | |
| Componente: | Compresor de tornillo | |
| Presión de descarga (psi/bar): | 125 Psi | |
| Potencia (Hp/Kw) | 25Hp | |
| | Punto 1: | Cojinete lado libre |
| | Punto 2: | Cojinete lado de carga |



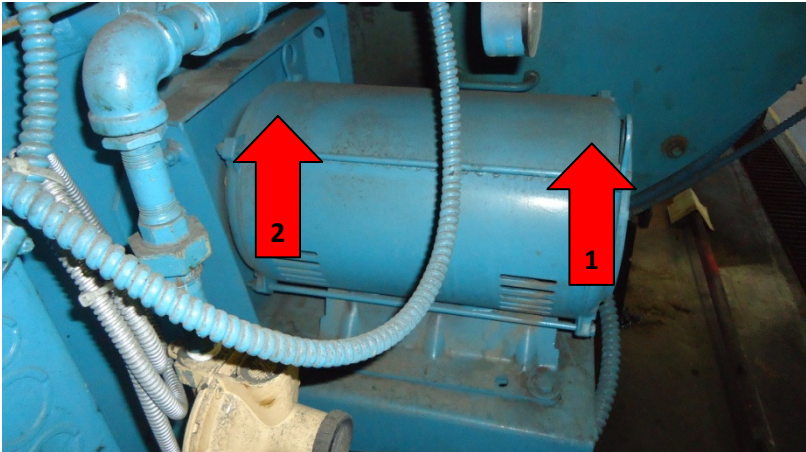
Fuente: elaboración propia.

Del equipo mostrado con anterioridad se toman dos de los componentes, así como también el tablero de mando, considerados como los puntos críticos. Deberá de hacerse la medición correspondiente de acuerdo a como se establezca más adelante, en la frecuencia con la que se planea la medición. Y para equipos de iguales características en este sistema de aire comprimido, se realizará de la misma manera.

El sistema de vapor está formado por el siguiente equipo: dos calderas tipo pirotubular las cuales están compuestas de diferentes componentes y por ello varios puntos de monitoreo que han sido considerados críticos y que deberán ser analizados para saber el comportamiento en el tiempo y adelantarse algún tipo de falla que pudiera surgir.

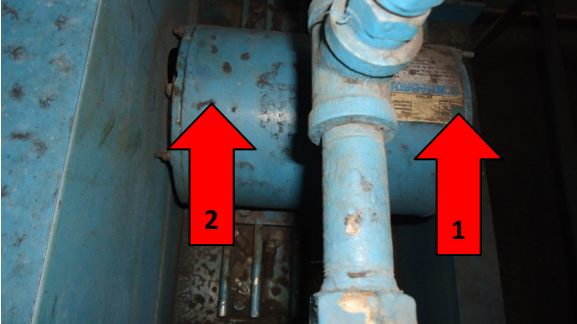
Tabla L. **Intercambiador caldera de vapor (caldera) York Shipley**
/SPHV-200-6 2000175

| | | |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Código del equipo: | CV-001 | |
| Nombre del Equipo: | Caldera de vapor York | |
| Componente: | Motor eléctrico del ventilador | |
| Potencia (Hp/Kw): | 20 Hp | |
| RPM: | 3520 | |
| | Punto 1: | Cojinete lado libre |
| | Punto 2: | Cojinete lado de carga |




Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Intercambiador caldera de vapor (caldera)**
York Shipley/SPHV-200-6 2000175

| | | |
|---|--|--------------------------|
| Código del equipo: | CV-001 | |
| Nombre del Equipo: | Caldera de vapor York | |
| Componente: | Motor eléctrico de inyección/recirculación | |
| Potencia (Hp/Kw): | 1.5 Hp | |
| RPM: | 4750 | |
| | Punto 1: | Cojinete lado ventilador |
| | Punto 2: | Cojinete lado eje |
|  | | |

Fuente: elaboración propia.

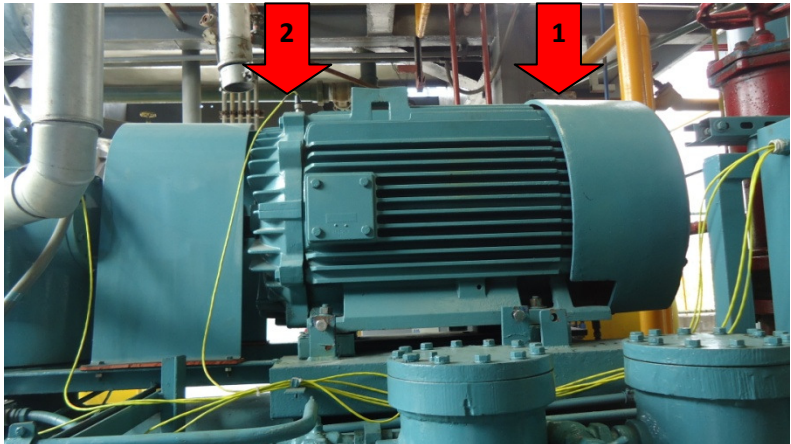
Tabla LII. **Intercambiador caldera de vapor (caldera)
York Shipley/SPHV-200-6 2000175**

| | | |
|---|-----------------------|---|
| Código del equipo: | CV-001 | |
| Nombre del Equipo: | Caldera de vapor York | |
| Componente: | Tablero de mando | |
| Voltaje (V): | | |
| | | |
| | Punto 1: | Dispositivos electrónicos general de todo el equipo |
| | | |
|  | | |

Fuente: elaboración propia.

El equipo presentado a continuación forma parte del sistema de refrigeración; compresor de tornillo habiendo varios de iguales características, para áreas definidas dentro del proceso, el cual es también crítico para la producción y el servicio que presta es fundamental, para toda el proceso. Se toman en cuenta los componentes como el motor eléctrico, el compresor y el tablero de mando, puntos claves para tomar medidas e ir evaluando el comportamiento.

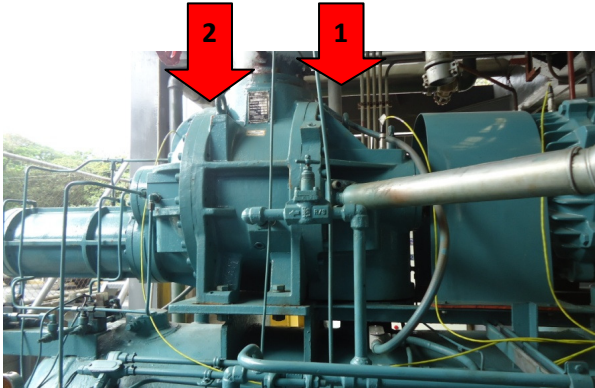
Tabla LIII. **Compresor tornillo refrigeración (koppens)
Frick Company/TDSH 233S**

| | | |
|---|----------------------------------|--------------------------|
| Código del equipo: | CT-002 | |
| Nombre del Equipo: | Compresor tornillo refrigeración | |
| Componente: | Motor eléctrico | |
| Potencia (Hp/Kw) | 200Hp | |
| RMP: | 3570 | |
| | Punto 1: | Cojinete lado ventilador |
| | Punto 2: | Cojinete lado eje |
|  | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Compresor tornillo refrigeración (koppens)
Frick Company/TDSH 233S**

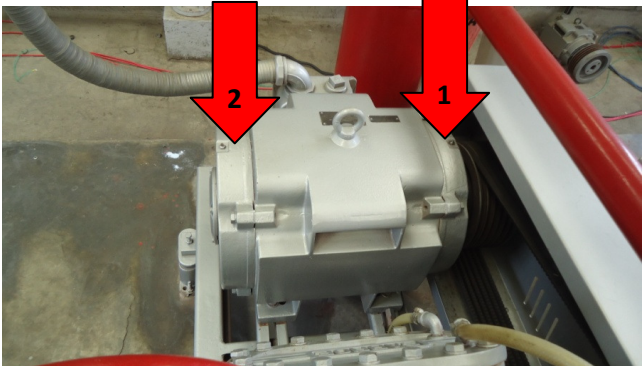
| | | |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Código del equipo: | CT-002 | |
| Nombre del Equipo: | Compresor tornillo refrigeración | |
| Componente: | Compresor de tornillo | |
| Potencia (Hp/Kw) | 200 Hp | |
| RPM: | 3750 | |
| | Punto 1: | Cojinete lado succión |
| | Punto 2: | Cojinete lado descarga |



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta un equipo también crítico para la planta, son los compresores reciprocantes constituidos de un motor eléctrico, de un compresor y de un respectivo tablero de mando.

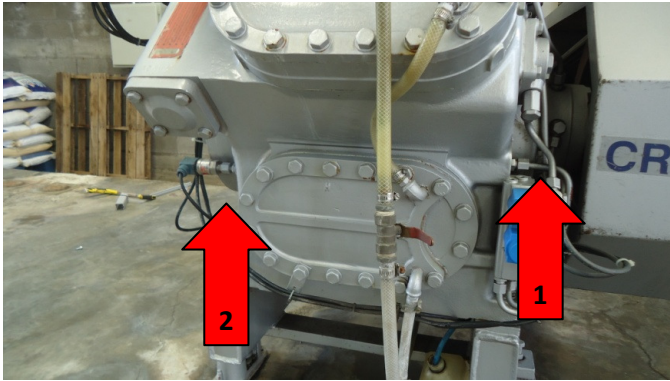
Tabla LV. **Compresor recíprocante (compresor) sabroe/SMC106L**

| | | |
|---|------------------------|--------------------------|
| Código del equipo: | CR-007 | |
| Nombre del Equipo: | Compresor recíprocante | |
| Componente: | Motor eléctrico | |
| Potencia (Hp/Kw): | 100 Hp | |
| RPM: | 1780 | |
| | Punto 1: | Cojinete lado eje |
| | Punto 2: | Cojinete lado ventilador |
|  | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. **Compresor reciprocante (compresor) sabroe/SMC106L**

| | | |
|---------------------------|------------------------|---------------------|
| Código del equipo: | CR-007 | |
| Nombre del Equipo: | Compresor reciprocante | |
| Componente: | Compresor reciprocante | |
| Potencia (Hp/Kw) | 100 Hp | |
| RPM rotor: | 1300 | |
| | Punto 1: | Cojinete lado eje |
| | Punto 2: | Cojinete lado libre |



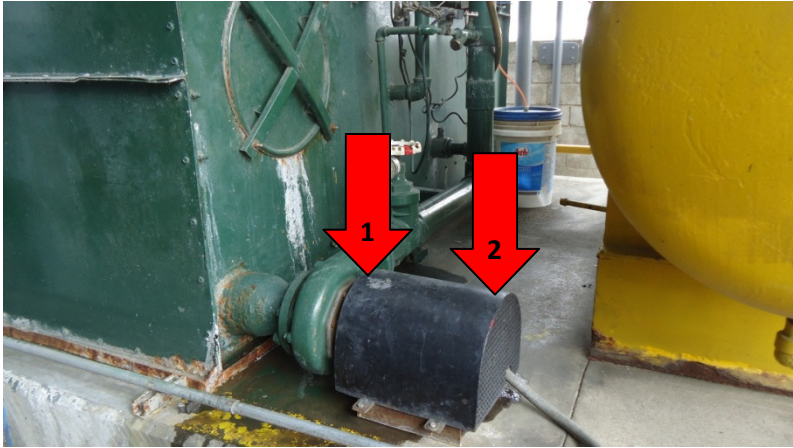
Fuente: elaboración propia.

En la planta también existen varias torres de enfriamiento, por lo que se consideran críticos ya que el agua que se obtiene es caliente en un 80 % y que cuando pasa por estos equipos se trata de reducir un 50 % aproximadamente, para que circule y enfría el agua que suministra, esto se debe por el área en la que se encuentra la planta. Compuesta de motores eléctricos de los ventiladores y motores de circulación del agua.

Tabla LVII.

**Intercambiador torre de enfriamiento (torre Vilter)
C&R/XLP S 520**

| | | |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Código del equipo: | TC-002 | |
| Nombre del Equipo: | Torre de enfriamiento | |
| Componente: | Motor eléctrico de bomba de agua | |
| Potencia (Hp/Kw) | 7.5 Hp | |
| RPM: | 1745 | |
| | Punto 1: | Cojinete lado eje |
| | Punto 2: | Cojinete lado ventilador |

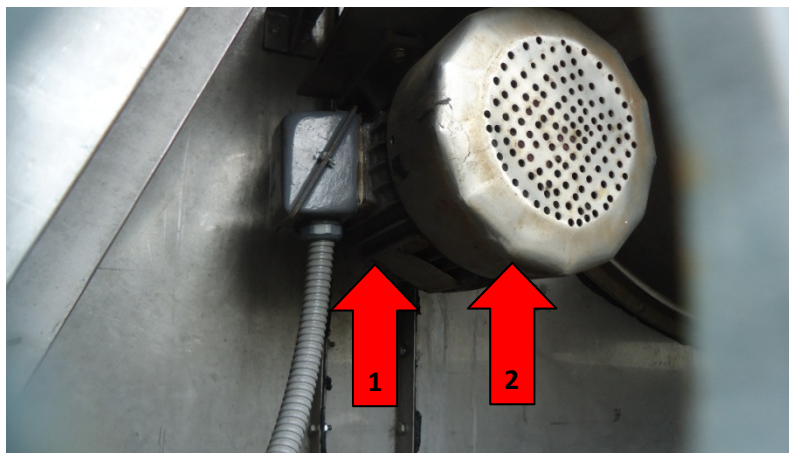


The photograph shows a green industrial motor mounted on a concrete base. Two red arrows point to specific parts of the motor: arrow 1 points to the bearing on the shaft side, and arrow 2 points to the bearing on the fan side. The motor is connected to a green pipe system. In the background, there is a large yellow cylindrical tank and a blue bucket.

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **Intercambiador torre de enfriamiento (torre Vilter)
C&R/XLP S 520**


| | | |
|---------------------------|---|--------------------------|
| Código del equipo: | TC-002 | |
| Nombre del Equipo: | Torre de enfriamiento | |
| Componente: | Motor eléctrico del ventilador No. 2 | |
| Potencia (Hp/Kw) | - | |
| RPM: | - | |
| | Punto 1: | Cojinete lado eje |
| | Punto 2: | Cojinete lado ventilador |



Fuente: elaboración propia.

Para el siguiente equipo, que son los tableros eléctricos y se encuentran en diversos tamaños y capacidades dentro de la planta, realizando una función específica en cada área de trabajo. Además manejan diferentes voltajes y corrientes, se hace necesario visualizar a través de la técnica de termografía como se encuentran internamente, y de localizar posibles anomalías para que los encargados puedan resolverla en la brevedad.

Tabla LIX. **Tablero eléctrico dist. TD-1400 277-480V CCB refrigeración**

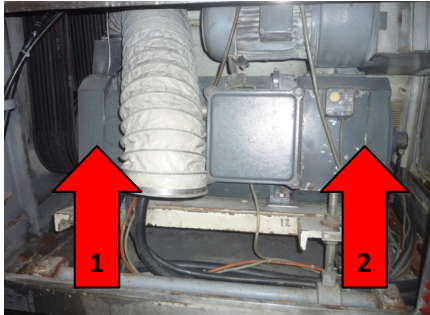
| | | |
|---|---------------------------------|----------------------|
| Código del equipo: | TD-003 | |
| Nombre del Equipo: | Tablero eléctrico refrigeración | |
| Componente: | Flipones | |
| Voltaje (V): | 277/480V | Alto voltaje |
| RPM: | - | |
| | Punto 1: | Conexiones generales |
| | Punto 2: | |
|  | | |

Fuente: elaboración propia.

El equipo que se muestra en la siguiente tabla es un equipo que se encuentra en el área de producción embutidos jamones, el cual consta de puntos críticos como lo son un motor eléctrico y un eje de cuchillas, este equipo por la velocidad en la que gira la cuchilla y por el proceso que hace de cortar completamente la pasta, hasta que llegue al punto de que no se puede desprender ninguno de los ingredientes, se consideraron los puntos importantes indicados en la tabla LX y LXI.

De la diversidad de equipos que se encuentran internamente en la planta en las áreas como fabricación, producción y empaque jamones, chorizo, fabricación, producción y empaques salchicha, fabricación, producción y empaque formados. Cabe mencionar que la mayor parte de estos equipos y la parte en análisis se encuentran cubiertos dentro del equipo por lo que se hará necesario al momento de tomar la medición quitar la tapadera y lograr hacer la toma de lectura con la debida precaución.

Tabla LX. **Cortadora cutter (cutter) CFS/VSM500, motor eléctrico**

| | | |
|---|------------------|--------------------------|
| Código del equipo: | CU-001 | |
| Nombre del Equipo: | Cortadora cutter | |
| Componente: | Motor eléctrico | |
| Potencia (Hp/Kw) | 173KW | |
| RPM: | 3100 | |
| | Punto 1: | Cojinete lado eje |
| | Punto 2: | Cojinete lado ventilador |
| | Punto 3: | - |
| | Punto 4: | - |
|  | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Cortadora cutter (cutter) CFS/VSM500, eje de cuchillas**

| | | |
|---------------------------|------------------|---------------------|
| Código del equipo: | CU-001 | |
| Nombre del Equipo: | Cortadora cutter | |
| Componente: | Motor eléctrico | |
| Potencia (Hp/Kw) | 1730KW | |
| RPM: | 3100 | |
| | Punto 1: | |
| | Punto 2: | |
| | Punto 3: | Cojinete lado carga |
| | Punto 4: | Cojinete lado libre |
| | | |

Fuente: elaboración propia.

Para cada uno de los casos mostrados anteriormente, hay equipos con características similares, en los componentes, por lo tanto el procedimiento de medición se realizará de la misma manera, como se indica en los formatos de los subtítulos del 2.2.1 al 2.2.4, además de ello seguir las rutas indicadas en el inciso 2.2.6 y asimismo, utilizar la técnica adecuada para cada uno de los equipos ya establecidos.

2.6. Control y registro

Para el proyecto en estudio o muestreo es necesario realizar un control adecuado por medio del registro de toda la información necesaria para el análisis, esto se realiza por medio de simples hojas de verificación que se detallan a continuación.

2.6.1. Hojas de verificación para la comprobación de los muestreos

Se detallan las siguientes hojas de verificación, de las diferentes técnicas de análisis de ultrasonido y termografía, así como vibraciones, en este último caso se tomarán los datos de los informes que ha realizado la empresa externa NILS PIRA & CIA a los equipos considerados críticos.

Una para la inspección de tableros eléctricos y electrónicos tabla LXIII, una para la inspección del funcionamiento de sistemas de aire comprimido, sistemas de refrigeración, calderas, etc. de ultrasonido tabla LXII, y finalmente una para el registro de la inspección de los compresores de mayor trabajo generadores de frío, el *cutter* (cortadora de pasta) proceso de jamón y salchicha con mayor trabajo en las respectivas líneas de trabajo tabla LXIV.

Tabla LXII. Hoja de inspección para ultrasonido

INSPECCIÓN DE ULTRASONIDO PARA MOTORES ELÉCTRICOS, COMPRESORES, ETC.
A EQUIPOS CRÍTICOS

| No. | Código del equipo | Nombre del equipo | Parte Inspeccionada | Potencia (Hp/Kw) | RPM | Presión de trabajo (Psi/bar) | Sensibilidad | Medición (dB) |
|-----|-------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----|------------------------------|--------------|---------------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |

Fecha: _____

Realizado Por: _____

Verificado Por: _____

Observaciones: _____

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Hoja de verificación para tableros eléctricos y electrónicos, a través de termografía**

INSPECCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS A TRAVÉS DE TERMOGRAFÍA

| No. | Código del Equipo | Descripción del tablero | Línea de producción | Puntos calientes SI/NO | Número de imagen |
|--|-------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| <p>Fecha: _____</p> <p>Realizado Por: _____</p> <p>Verificado Por: _____</p> <p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. Hoja de inspección de vibraciones a equipos críticos realizado por empresa externa NILS PIRA Y CIA S.A.

INSPECCIÓN DE VIBRACIONES A EQUIPOS CRÍTICOS POR EMPRESA EXTERNA

| No. | Código del equipo | Nombre del equipo | Componente de medición | Condición anterior (N/A/LS/S) | Condición actual (N/A/LS/S) | Diagnóstico | Definición del problema | Recomendaciones |
|--|-------------------|--|------------------------|---|-----------------------------|-------------|-------------------------|-----------------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| | | N normal A aceptable LS ligeramente severo S severo | | Fecha: _____ Realizado Por: _____ Verificado Por: _____ | | | | |
| Observaciones: _____ _____ _____ | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

2.7. Listado de equipos críticos y partes que lo integran

La verificación de los diferentes equipos que están dentro de la planta, después de que los jefes de grupo apoyarán en la alimentación de una base general de equipos críticos a ser tomados dentro de un plan de monitoreo de condición, dando como resultado un listado de componentes de un sistema o equipo. A continuación se presenta los diferentes componentes de los equipos, cambiando en tamaño, diseño y la forma de cada uno.

En la tabla LXIV se muestra el detalle de los componentes que integran los equipos, lo cuales serán los analizados al iniciar el programa de monitoreo de condición.

Tabla LXV. **Descripción de los componentes de los equipos críticos a ser inspeccionados**

| No. | Descripción | Cantidad | Áreas de trabajo |
|-------------------------------|--|----------|--|
| Bomba de paletas | | | |
| 1 | Las bombas de paletas tienen un conjunto de aletas con cinemática radial. Las aletas deslizan u oscilan en un cilindro hueco con ranuras radiales en el rotor. | 7 | Servicio en jamones (producción, fabricación, cocinado, empaque) |
| Caja reductora | | | |
| 2 | Mecanismo que consiste, generalmente, en un grupo de engranajes, con el que se consigue mantener la velocidad de salida en un régimen cercano al ideal, cuenta con un tornillo sin fin el cual reduce en gran cantidad la velocidad. | 4 | Servicio en áreas: jamones y salchicha |
| Chumacera | | | |
| 3 | Soportar carga en máquinas rotatorias que giran a alta velocidad | 10 | Servicio cocina jamones, producción formados |
| Compresor tornillo | | | |
| 4 | Máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles (gases y los vapores) | 10 | Servicio áreas jamones, salchicha, formados |
| Compresor reciprocante | | | |
| 5 | Utilizado para elevar la presión de un gas pasando de presión baja a otra más alta. | 3 | Servicio áreas jamones, salchicha, formados, |
| Eje de cuchillas | | | |
| 6 | Mecanismo de transmisión de potencia que hace girar un juego de eje de cuchillas | 3 | Servicio jamones, salchicha. |

Continuación de la tabla LXV.

| Motor eléctrico | | | |
|----------------------|---|-----|--|
| 7 | Transforma la energía eléctrica en energía mecánica, por medio de la repulsión que presenta un objeto metálico cargado eléctricamente ante un imán permanente. | 131 | Servicio en áreas: jamones, salchicha, exteriores |
| Motoreductor | | | |
| 8 | Utilizado para variar las r.p.m. de entrada, que por lo general son mayores de 1200, entregando a la salida un menor número de r.p.m., sin sacrificar de manera notoria la potencia. | 15 | Servicio formado, salchicha. |
| Rotobearing | | | |
| 9 | Mecanismo articulado excéntrico que transmite la potencia hacia un mecanismo de corte | 2 | Servicio empaque jamones |
| Tablero de mando | | | |
| 10 | Aparato, equipamiento, etc., que se utiliza con el fin de conseguir un propósito o desempeñar alguna función. Hace que llegue el voltaje y corriente adecuada a cada parte eléctrica de un equipo | 16 | Servicio talleres, jamones, salchicha, exteriores |
| Tablero eléctrico | | | |
| 11 | Son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente. | 103 | Servicio formados, salchicha, jamones. |
| Aires acondicionados | | | |
| 12 | Consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire dentro de los locales. Proceso que se considera más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados. | 3 | Servicio exteriores |

Fuente: elaboración propia.

2.8. Integración del ultrasonido y la termografía al programa de mantenimiento de la empresa

La integración de estas dos técnicas no destructivas no deberá hacerse durante el período de los mantenimientos programados, debido a que los ensayos necesitan del funcionamiento normal de la maquinaria para realizarse.

Esta característica del ultrasonido y la termografía debe realizarse mientras que todo está bajo condiciones normales de funcionamiento, dando la ventaja de poder programar cualquier tipo de fallo que se pueda encontrar.

Se pretende integrar estas dos técnicas al mantenimiento de la planta colocándolos en períodos intermedios o cercanos a los mantenimientos programados, por lo que con esto se garantiza que cualquier daño localizado con los análisis puedan ser programados para el mantenimiento programado de la empresa, dando el tiempo suficiente para la compra de repuestos y organización de personal para realizar estas reparaciones.

Del sistema de aire comprimido, en los equipos secadores de aire, para repararlas es necesario detener las máquinas esto dependiendo de la gravedad de la fuga, pero la temprana localización de la fuga por medio del análisis de ultrasonido, permite hacer reparaciones parciales de las misma para mantener el suministro de aire comprimido y programar la reparación mayor para un período en que el aire comprimido no sea requerido, en este caso los mantenimientos se hacen en las noches ya que la demanda de aire es menor a la que se demanda por el día.

Para los demás sistemas considerados anteriormente los análisis se propondrán al menos 4 veces al año, o si fuese necesario se tendría que reducir el tiempo para los análisis y esto debe realizarse en períodos intermedios a las fechas de realización de los mantenimientos programados, para que las maquinarias estén en funcionamiento normal.

De los resultados obtenidos en los diferentes análisis se puede programar otro análisis de revisión, para aquellos equipos que lo requieran por los encargados de mantenimiento pudiéndose presentar algún tipo de fallo o dudas de los datos. Tomando en cuenta que deberán de programarse en períodos intermedios para hacer el análisis y reparación en el mantenimiento programado o donde se considera adecuado realizarlo.

Figura 31. **Vista general del sistema de compresores de refrigeración marca frick, equipos considerados críticos para el monitoreo**



Fuente: planta Empacadora Toledo, S. A.

2.9. Integración del análisis de vibraciones al programa de mantenimiento de la empresa

Para este caso en especial la toma de las mediciones se hacen por la empresa externa Nils Pira y CIA S. A., la cual se dedica al análisis de vibraciones. Los equipos tomados en la mayoría para el análisis son compresores de refrigeración los cuales tienen una mayor carga de trabajo y demanda para las diferentes Áreas de Producción.

Se sugiera que al menos 2 veces al año se haga este tipo de análisis en los equipos considerados potencialmente de mayor trabajo, pero otro factor a considerar es el presupuesto que tenga el Departamento de Conservación Industrial para solicitar este análisis.

Debido a que actualmente aun no se ha adquirido esta clase de equipo tecnológico se busca un outsorsing. La propuesta de adquirir un equipo esta considerándose a futuro, pero que aún esta en análisis para poder tener otra herramienta en el monitoreo de condición, lo cual representa una inversión al inicio por el equipo y la capacitación correspondiente para esta tecnología de punta que será de mucha utilidad en las áreas más críticas.

Después de realizar dichos análisis por parte de la empresa contratada esta entrega un informe final con los detalles de las condiciones de los equipos y las revisiones a considerar, dependerá del gerente de mantenimiento y de la programación según el programa de mantenimiento y procurar ver en cada equipo la solución más eficiente para solucionar los fallos encontrados.

2.10. Frecuencia para el análisis de ultrasonido, termografía y vibraciones para cada componente de máquina

Dado a que el análisis de estas técnicas es parte de los ensayos no destructivos y para realizarlos se requiere que los sistemas o maquinarias estén en funcionamiento normal, estos análisis no pueden ser realizados durante las fechas de los mantenimientos programados de las maquinarias.

En la empresa los mantenimientos de maquinaria y sistemas están programados para realizarse diario, semanal, quincenal, mensual, semestral y anual en las diferentes áreas de la planta, el mantenimiento en el que se realiza chequeo completo es el mayor, que está planificado cada año, actualmente se maneja un software de mantenimiento preventivo, en el cual están definidas las fechas de mantenimiento de cada máquina llevando el control de cada actividad.

Es recomendable realizar los análisis de ultrasonido, termografía y vibraciones en períodos cercanos o intermedios a los mantenimientos programados. Asegurando que después de los análisis realizados los cambios de piezas o partes en mal estado encontradas, se puedan reparar durante los mantenimientos programados.

A continuación se muestran las frecuencias con la que se pretende realizarse los análisis de ultrasonido, termografía y vibraciones. Para iniciar y tener una línea base de arranque de toma de datos a los diferentes equipos considerados como críticos, este listado fue elaborado por jefes de grupo, el cual se hizo con cada uno de las áreas de acuerdo a criterios de mantenimiento y producción.

Después de haber obtenido el listado de los equipos y sus frecuencias a través de apoyo por parte de gerente de Conservación Industrial, Supervisor de Conservación Industrial, jefes de grupo y técnicos eléctricos y mecánicos. En la tabla se puede observar los nombres de cada equipo, el código y las técnicas a aplicar en cada uno de ellos, y donde se puede utilizar una técnica o las tres (T = termografía, U = ultrasonido, V = vibración). Y en las tablas anteriores se puede observar los puntos dónde se procederá a realizar la medición (subtítulo 2.4.3).

- ✓ T: frecuencia de medición por termografía
- ✓ U: frecuencia de medición por ultrasonido
- ✓ V: frecuencia de medición por vibración

Frecuencia de realización del Monitoreo de Condición en las distintas áreas a los equipos críticos en la planta Empacadora Toledo

A continuación de resumen los equipos críticos, los cuales se detalla a cada cuanto y que tipos de técnica se utilizará en el Monitoreo de Condición.

Figura LXVI. Ruta crítica 1, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R1 | CT-003 | | | UV | | | UV | | | UV | | | UV |
| R1 | CT-004 | | | UV | | | UV | | | UV | | | UV |
| R1 | CT-008 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R1 | TC-005 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R1 | TC-006 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R1 | TC-008 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R1 | TR-009 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R1 | TR-010 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R1 | TR-012 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R1 | CR-007 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |
| R1 | CR-008 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |
| R1 | CR-009 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXVII. Ruta crítica 2, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R2 | CT-002 | | U | V | U | | UV | | U | V | U | | UV |
| R2 | CT-005 | | | UV | | | UV | | | UV | | | UV |
| R2 | CT-006 | | | UV | | | UV | | | UV | | | UV |
| R2 | TR-005 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R2 | TR-011 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R2 | TC-002 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |
| R2 | TC-003 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |
| R2 | TC-007 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXVIII. Ruta crítica 3, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R3 | AA-001 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R3 | AA-004 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R3 | AA-006 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R3 | CS-001 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R3 | CS-002 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R3 | MH-002 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R3 | MH-003 | | | U | | | U | | | U | | | U |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXIX.

Ruta crítica 4, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R4 | CA-001 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R4 | CA-002 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R4 | CA-003 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R4 | CA-004 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R4 | CF-001 | | | T | U | | T | | U | T | | | UT |
| R4 | CV-001 | | U | T | | | T | | U | T | | | T |
| R4 | CV-002 | U | | T | | | T | U | | T | | | T |
| R4 | SR-001 | | U | T | U | | UT | | U | T | U | | UT |
| R4 | SR-002 | | U | T | U | | UT | | U | T | U | | UT |
| R4 | SR-003 | | U | T | U | | UT | | U | T | U | | UT |
| R4 | BA-002 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R4 | BA-003 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R4 | BA-004 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXX. **Ruta crítica 5, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R5 | BV-001 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R5 | BV-005 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R5 | BV-006 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R5 | BV-008 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R5 | BV-010 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R5 | BV-013 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R5 | BV-014 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXI. **Ruta crítica 6, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R6 | CU-002 | | | TV | | | TV | | | TV | | | TV |
| R6 | CU-004 | | | TV | | | TV | | | TV | | | TV |
| R6 | MT-004 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R6 | MT-005 | | | U | | | U | | | U | | | U |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXII. **Ruta crítica 7, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CODIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R7 | HV-005 | U | U | U | U | U | U | U | U | U | U | U | U |
| R7 | HV-006 | U | U | U | U | U | U | U | U | U | U | U | U |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXIII. **Ruta crítica 8, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R8 | SV-003 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R8 | SV-004 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R8 | SV-005 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R8 | SV-006 | | | T | | | T | | | T | | | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXIV. Ruta crítica 9, frecuencias de monitoreo en la planta

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R9 | CU-001 | | | TV | | | TV | | | TV | | | TV |
| R9 | HV-001 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R9 | HV-002 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R9 | HV-003 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R9 | MT-001 | | | U | | | U | | | U | | | U |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXV. Ruta crítica 10, frecuencias de monitoreo en la planta

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R10 | RJ-001 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R10 | RJ-002 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R10 | SV-001 | | | T | | | T | | | T | | | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXVI. Ruta crítica 11, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R11 | EM-003 | | U | T | U | | UT | | U | T | U | | UT |
| R11 | EM-004 | | U | T | U | | UT | | U | T | U | | UT |
| R11 | FM-003 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R11 | FM-004 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R11 | FM-005 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R11 | FP-004 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R11 | HC-001 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R11 | HC-002 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R11 | MP-002 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R11 | MT-006 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R11 | MT-006 | | | U | | | U | | | U | | | U |
| R11 | RP-004 | | U | T | U | | UT | | U | T | U | | UT |
| R11 | RP-003 | | U | T | U | | UT | | U | T | U | | UT |
| R11 | RP-004 | | U | T | U | | UT | | U | T | U | | UT |
| R11 | SB-002 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R11 | BB-002 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |
| R11 | BB-003 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |
| R11 | BB-004 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |
| R11 | RP-001 | | U | T | U | | UT | | U | T | U | | UT |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXVII. **Ruta crítica 12, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R12 | TU-002 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXVIII. **Ruta crítica 13, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R13 | TU-004 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXIX. **Ruta crítica 14, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R14 | EB-002 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R14 | TP-001 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |
| R14 | TP-002 | | U | | U | | U | | U | | U | | U |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXX. **Ruta crítica 15, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R15 | TD-096 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R15 | IA-12 | | | T | | | T | | | T | | | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXXI. **Ruta crítica 16, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R16 | EV-031 | | | UT | | | UT | | | UT | | | UT |
| R16 | EV-033 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |
| R16 | EV-034 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |
| R16 | EV-035 | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT | | UT |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXXII. Ruta crítica 17, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R17 | TD-043 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R17 | TD-044 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R17 | TD-045 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R17 | TD-046 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R17 | TD-047 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXXIII. Ruta crítica 18, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R18 | TD-048 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R18 | TD-049 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R18 | TD-050 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R18 | TF-004 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R18 | TF-005 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R18 | UC-003 | | | T | | | T | | | T | | | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXXIV. Ruta crítica 19, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|----------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R19 | TD-059 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-060 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-061 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-062 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-063 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-064 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-065 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-066 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-067 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-068 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-069 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-070 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-071 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-072 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R19 | TD-073 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXXV. Ruta crítica 20, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|----------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R20 | TD-074 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-075 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-077 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-078 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-079 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-080 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-081 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-082 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-086 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-087 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R20 | TD-095 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXXVI. **Ruta crítica 21, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R21 | TD-003 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-004 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-005 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-006 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-007 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-008 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-009 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-031 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-032 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-054 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-055 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R21 | TD-094 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXXVII. **Ruta crítica 22, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R22 | TD-010 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R22 | TD-033 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R22 | TD-051 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R22 | TD-052 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXXVIII. **Ruta crítica 23, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R23 | TD-056 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R23 | TD-057 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R23 | TD-058 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R23 | TD-076 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R23 | TD-092 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R23 | TD-093 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura LXXXIX. **Ruta Crítica 24. Frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R24 | TD-011 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R24 | TD-012 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R24 | TD-013 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R24 | TD-014 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R24 | TD-015 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R24 | TD-016 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R24 | TD-017 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R24 | TD-018 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura XC. **Ruta crítica 25, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R25 | SE-001 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R25 | SE-002 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R25 | TF-001 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R25 | TF-002 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R25 | TF-003 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R25 | UC-001 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R25 | UC-002 | | | T | | | T | | | T | | | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura XCI. **Ruta crítica 26, frecuencias de monitoreo en la planta**

| <u>NO. RUTA</u> | <u>CÓDIGO</u> | <u>FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR</u> | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R26 | 270086_1 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R26 | 270086_2 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R26 | Poste 1 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R26 | Poste 2 | | | T | | | T | | | T | | | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura XCII. Ruta crítica 27, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R27 | TD-021 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-022 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-027 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-028 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-029 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-034 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-035 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-036 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-037 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-038 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-039 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-040 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-041 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-042 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-023 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-024 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-025 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-088 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-026 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R27 | TD-053 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura XCIII. Ruta crítica 28, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R28 | TD-002 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R28 | TD-089 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R28 | TD-090 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R28 | TD-091 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R28 | TD-097 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R28 | TD-019 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| R28 | TD-020 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

Fuente: elaboración propia.

Figura XCIV. Ruta Crítica 29, frecuencias de monitoreo en la planta

| NO. RUTA | CÓDIGO | FRECUENCIA / TÉCNICA A APLICAR | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| R29 | TE-002 | | | T | | | T | | | T | | | T |
| R29 | BF-001 | | | | U | | | | U | | | | U |

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE DOCENCIA

3.1. Realización de una presentación como apoyo para programa de capacitación

El realizar la presentación de las técnicas utilizadas como parte de conocimiento general dirigido a personal de mantenimiento en las actividades realizadas dentro de la planta, con definiciones principales de teoría para inicializar formalmente el monitoreo de condición, con una base general para apoyo en el mantenimiento preventivo. Un ejemplo sería ¿Qué es mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo y monitoreo de condición? y los tipos de equipos a realizar mediciones.

Además de esto también los pasos que se deben tomar para elaborar la ruta crítica, el porqué de los puntos calientes, los periodos de toma de Mediciones, y por último la base general considerada a ser evaluada de cada uno de los equipos críticos, resultando de ello un análisis de cada equipo y/o parte a través de software de cada técnica.

3.1.1. Conceptos básicos

Mantenimiento preventivo:

Es un conjunto de actividades planificadas en forma sistemática que se realizan de manera periódica según una agenda previamente establecida con el objetivo de mejorar la confiabilidad y calidad de la producción.

La tarea del mantenimiento programado es minimizar la probabilidad de fallo y por consiguiente, aumentar la confiabilidad de los equipos de la planta.

Entre las ventajas se tiene:

- ✓ Buena cooperación entre el Departamento de Producción y Mantenimiento
- ✓ Buena disponibilidad y seguridad de los equipos
- ✓ Reducción de los paros imprevistos

Entre las desventajas se tiene:

- ✓ Costo en la generación de historial de equipos
- ✓ Vida útil de las partes no es aprovechada al 100 %

Mantenimiento predictivo

Estriba en que la razón principal para realizar un mantenimiento es el cambio de las condiciones de los equipos. Es decir, las tareas de mantenimiento predictivo deben estar basadas en el estado real de los equipos. Mediante la vigilancia de uno o más parámetros es posible determinar el momento más oportuno para la intervención.

Las tareas de mantenimiento predictivo se basan en la vigilancia de condiciones que se realizan para determinar el estado físico de un elemento; por tanto el objetivo de la vigilancia es la observación de los parámetros que suministran información sobre los cambios de condición o prestaciones de los equipos y por consiguiente estimar una oportuna intervención.

Entre las ventajas se tiene:

- ✓ La vida útil de los elementos se aprovecha casi un 100 %
- ✓ Garantiza una excelente disponibilidad y seguridad de los equipos
- ✓ Reduce los costos de producción al minimizar paros

Entre las desventajas se tiene:

- ✓ Costo elevado debido a la logística para aplicar el método
- ✓ Costos elevados en instrumentación y personal capacitado

Mantenimiento correctivo

La intervención del equipo de mantenimiento se da cuando es inminente o ya ocurrió una falla, ocasionando paradas imprevistas. Aunque vale aclarar que algunas labores de mantenimiento correctivo se dan sin llegar a la falla.

Entre las ventajas se tiene:

- ✓ Vida útil aprovechada al 100 %
- ✓ Reducidos gastos en administración del mantenimiento

Entre las desventajas se tiene:

- ✓ Frecuentes paros de producción
- ✓ Baja disponibilidad de los equipos. Genera alta incertidumbre sobre cuándo se producirá la falla
- ✓ Las actividades de mantenimiento se ejecutan a contra tiempo

Un departamento de mantenimiento generalmente tiene la meta de dedicar del 5 % - 10 % de su tiempo a la corrección de averías.

Monitoreo de condición

De forma similar que el mantenimiento predictivo, se enfoca también a los efectos o síntomas de las fallas, utilizando distintas técnicas para monitorear la condición del equipo, a través de la medida y seguimiento de determinados parámetros físicos, para lograr anticiparse a la falla. Ejemplo de ellos son:

- ✓ Inspecciones de la maquinaria con los sentidos:
 - Inspección visual (ver)
 - Olor (oler)
 - Ruidos anormales (oir)
 - Vibraciones
 - Temperatura (sentir)

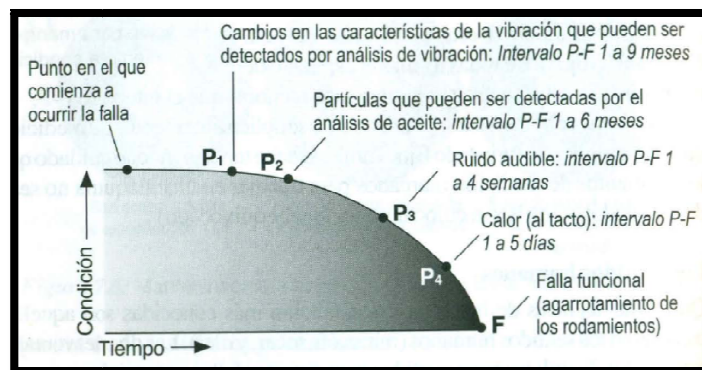
- ✓ Inspecciones de la maquinaria a través de ensayos no destructivos:
 - Inspección visual
 - Inspección por ultrasonido
 - Partículas magnéticas
 - Radiografías
 - Tintas penetrantes

- ✓ Monitoreo de las condiciones dinámicas de la maquinaria: vibraciones
- ✓ Monitoreo de la temperatura
- ✓ Inspección mediante termografía infrarroja
- ✓ Monitoreo de espesores, mediante ultrasonido
- ✓ Monitoreo de partículas de desgaste en los aceites

- ✓ Monitoreo de la condición del lubricante
- ✓ Análisis de corrientes en máquinas eléctricos
- ✓ Medición del desempeño de equipos:
 - Presión
 - Caudal
 - Potencia entregada
 - Consumo eléctrico
 - Consumo de combustible

El mayor beneficio es lograr una alerta temprana de manera de programar una intervención correctiva, lo cual genera una disminución de las fallas catastróficas, y un consecuente aumento de la disponibilidad, y reducción de costos de reparación.

Figura 32. Intervalo P – F

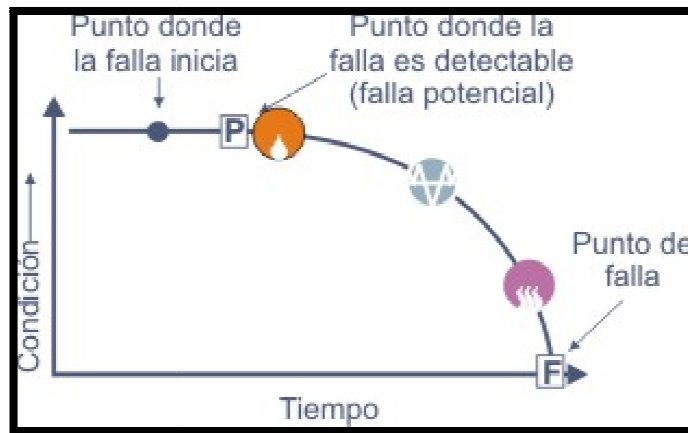


Fuente: mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). p. 158.

Período P – F: Es el Intervalo de tiempo entre que se detecta la falla potencial y se convierte en una falla funcional.

Es muy importante señalar que en un mismo modo de falla, podemos tener varios P-F, dependiendo de la tecnología que se seleccione. El analista debe seleccionar la tecnología que proporcione el periodo P-F más largo que permitirá que la toma de decisiones permita mantener el equipo dentro del rango de desempeño útil.

Figura 33. Selección de la tecnología con el P-F más largo

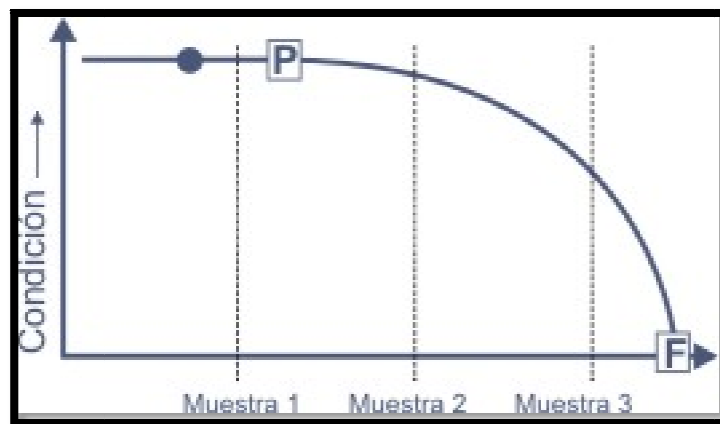


Fuente: <http://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mantenimientoplanificado.com%2Fgerardo%2520trujillo%2520norria%2FMonitoreo%2520de%2520Condici%25C3%25B3n%2520-2520CMCM.doc&ei=L6ovU9amJ821kAeYpYGYBQ&usg=AFQjCNFX1UjF0EM2Ny5aLry9FkRDDgeRKg>, Monitoreo de Condición – una estrategia de integración de tecnologías. Consulta: 6 de agosto de 2013.

Una vez seleccionada la tecnología que proporciona el P-F más largo, se debe establecer el período de monitoreo que permita capturar el modo de falla que significa el P-F crítico más corto en el equipo. Si la frecuencia de monitoreo (FM) es establecida con una frecuencia igual al P-F, entonces la posibilidad de detectar el problema es muy remota. Si por el contrario, la FM es mayor que P-F, entonces el programa no será capaz de detectar este problema y el programa carece de sentido.

A partir de lo anterior, es obvio que la FM debe ser menor que P-F. Idealmente deberá ser establecida como $FM = P-F/3$. De esta manera se está en la condición de detectar el inicio del problema, el avance y todavía estar en condiciones de monitorear el final de la vida del equipo.

Figura 34. **Frecuencia ideal de muestreo**



Fuente: <http://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCKQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mantenimientoplanificado.com%2Fgerardo%2520trujillo%2520noria%2FMonitoreo%2520de%2520Condici%25C3%25B3n%2520-2520CMCM.doc&ei=L6ovU9amJ821kAeYpYGYBQ&usq=AFQjCNFX1UjF0EM2Ny5aLry9FkRDDgeRKg>, Monitoreo de Condición – una estrategia de integración de tecnologías. Consulta 6 de agosto de 2013.

3.2. **Termografía en la prevención de fallas**

Las cámaras termográficas son la herramienta perfecta para localizar e identificar fallos ya que consiguen hacer visible lo invisible. En una termografía, los problemas saltan a la vista de inmediato. Una cámara termográfica es la única herramienta que realmente le permite ver todo.

Una termografía que incluye datos de temperatura precisos proporciona a los expertos de la construcción información importante sobre condiciones de aislamiento, entradas de humedad, desarrollo del moho, fallos eléctricos y las condiciones de los sistemas de climatización.

Las cámaras termográficas son una herramienta tan valiosa y versátil que resulta imposible enumerar todas las aplicaciones. Cada día se desarrollan nuevas e innovadoras formas de emplear la tecnología.

3.2.1. Termografía

En la fase de investigación y servicio técnico se ha explicado lo referente a termografía, tocando puntos generales que pueden ser de ayuda para el personal que se encargará de realizar los muestreos programados luego de finalizar este proyecto, es importante que tengan los conocimientos básicos sobre la termografía.

El personal que se capacita debe conocer cómo funciona la termografía para realizar de mejor manera los muestreos y tener un buen criterio al momento de realizarlos, tomando en cuenta que las horas de capacitación deben de ser alrededor de unas 100 horas para poder comprender de una mejor manera esta aplicación.

3.2.2. Aplicaciones de termografía

Se pretende dar al personal la capacitación de las aplicaciones para la utilización de termografía, con el fin de usarlo en proyectos futuros procurando ampliar la aplicación de esta tecnología, aprovechando al máximo esta gran

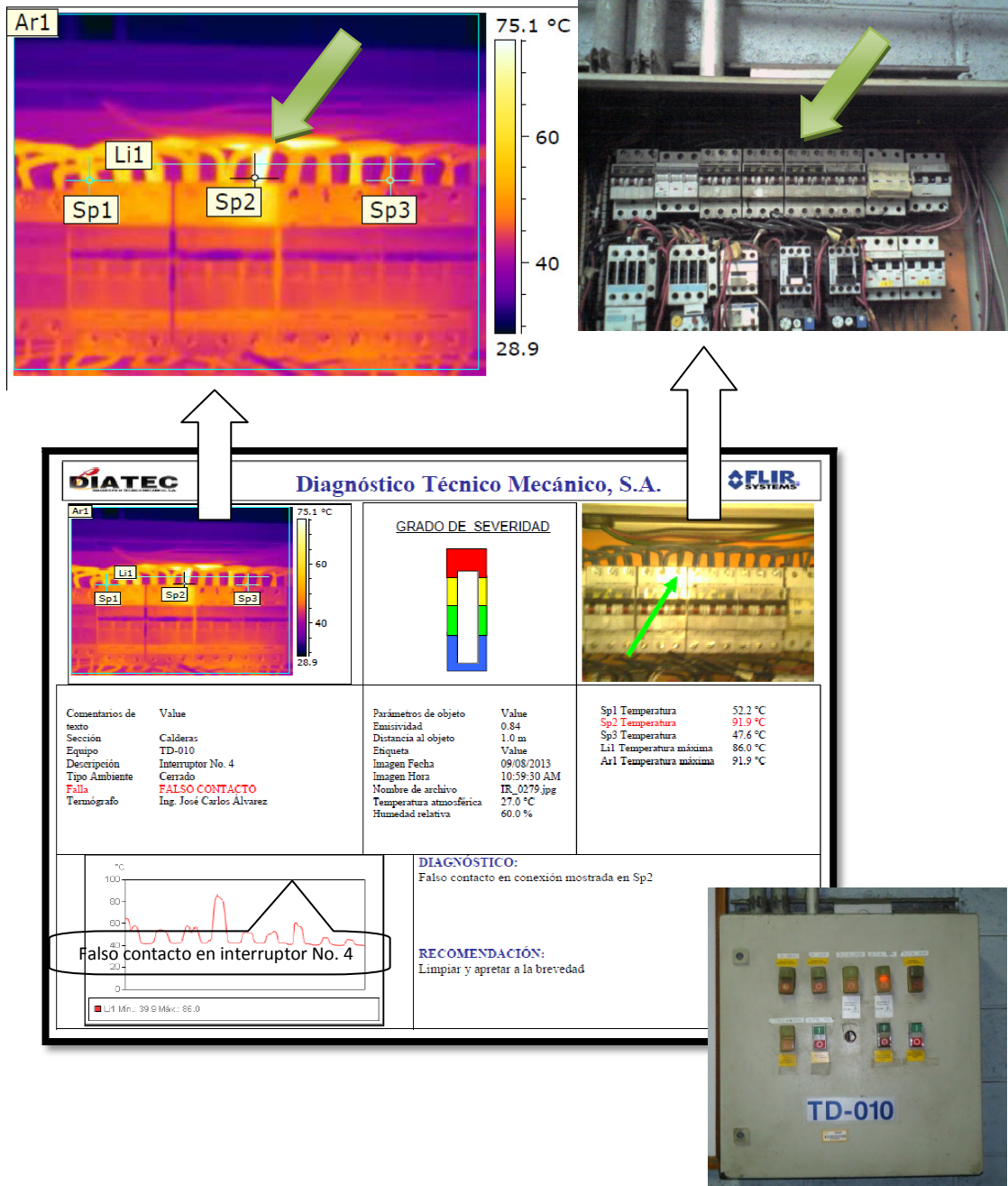
herramienta tecnológica y buscando el mejoramiento del mantenimiento de la planta.

Son aplicaciones de termografía los siguientes:

- ✓ Instalaciones y líneas eléctricas de alta y baja tensión.
- ✓ Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- ✓ Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- ✓ Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- ✓ Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- ✓ Instalaciones de frío industrial y climatización.
- ✓ Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.
- ✓ etc.

Para este caso se puede tomar un ejemplo de inspección de termografía realizada por empresa externa Diagnostico técnico mecánico, S. A. (DIATEC), como se muestra en la figura 35.

Figura 35. Ejemplo de termografía, tablero eléctrico dist. inyectores cocina, ubicación: Área de Calderas TD-010



Fuente: reporte inspección termográfica para Toledo Amatitlán, Área de Caldera. p. 4.

3.2.3. Ventajas de la termografía

Para que un proyecto pueda ser aplicado es necesario que el personal que lo ponga en práctica, crea realmente que el proyecto ayuda a la planta a mejorar y ayuda al personal a facilitar el trabajo.

Es importante que el personal este consciente de las ventajas que le da el poner en práctica la utilización de la termografía y como esta tecnología mejorará la situación de la empresa, reduciendo costos en el mantenimiento y paros inesperados por fallos en maquinaria.

Ejemplos que se pueden mencionar respecto a esta técnica son:

- ✓ La inspección se realiza a distancia sin contacto físico con el elemento en condiciones normales de funcionamiento. No es necesario poner fuera de servicio el equipo.
- ✓ Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la falla.
- ✓ El seguimiento con inspección termográfica, se logra establecer una tendencia del comportamiento del equipo y de la evolución de la falla.

3.3. Ultrasonido en la prevención de fallas

Desde el punto de vista del mantenimiento predictivo es una valiosa técnica utilizada para la detección temprana de fallas en sistemas tanto eléctricos como mecánicos. Los instrumentos de ultrasonido son sensibles a los sonidos que no están incluidos dentro del rango auditivo humano (20 Hz a 20 000 KHz). Con la ayuda de este potente equipo detector de ultrasonido, puede encontrarse las fallas mecánicas y eléctricas de máquina, antes de que el daño ocurra y sea más costosa la reparación.

Se hace necesario que la persona que baya a realizar dichas inspecciones a los equipos definidos con anterioridad conozca las principales ventajas que da este equipo y por ello se hace necesario que se introduzca en dicha tecnología.

3.3.1. Ultrasonido

El seguimiento que realice el personal encargado de verificar las rutas a ser monitoreadas, esté entrenado y altamente calificado, comprendiendo lo concerniente a equipos, técnicas y los conocimientos básicos de la utilización de esta tecnología. Con la lectura y comprensión del manual que se provee para cada equipo, así como recibir capacitación general para poder comprender las diferentes aplicaciones en la utilización de esta tecnología. Aprovechando al máximo el equipo, en las diferentes áreas de la planta.

3.3.2. Aplicaciones del ultrasonido

Las aplicaciones con ultrasonido son diversas, desde industriales tanto en Área de Mantenimiento como Área de Laboratorio hasta medicas, variando únicamente el diseño y forma del equipo. El personal que manipule dicho equipo debe tener los conceptos básicos y cuando podría utilizar el ultrasonido, no es necesario que profundice en ello, pero si que sepa las aplicaciones.

La aplicaciones que se podrían toma en este proyecto podrían ser: las inspecciones de fugas de cualquier sistema y gas, detección de falla en rodamiento, localización de fallas de trampas de vapor, inspección de fallas en válvulas, lo cual el manual puede ampliar el seguimiento de cómo se puede realizar cada una de ellas y ponerlas en práctica dentro de la planta. Con esto se pretende que se devuelva un ahorro en costos, al igual que en las otras técnicas a aplicar, dependiendo de lo que se quiera analizar.

3.3.3. Ventajas del ultrasonido

Diversas son las ventajas que podría proporcionar el ultrasonido, detectando fugas de un diminuto orificio de aire comprimido, de gas de cualquier tipo, en sistemas neumáticos, etc. a simple vista no se ve, pero con este equipo lo que haces es; los tonos audibles de determinada fuga, se escuchara extremadamente alto lo cual indica que esa pérdida por pequeña que sea es un costo en energía, funcionamiento del equipo, recursos, materia, etc. El personal encargado de realizar los muestreos deberá conocer las ventajas que proporciona esta técnica dentro de las cuales se puede mencionar:

- ✓ Alta sensibilidad, permitiendo la detección de defectos extremadamente pequeños.
- ✓ Solamente necesita una superficie para acceder.
- ✓ Portabilidad.
- ✓ Detección de fricción en maquinaria rotatoria.
- ✓ Detección de fallas o fugas en válvulas.
- ✓ perdidas de vacío.
- ✓ Detección de arco eléctrico.

3.4. Resultado esperado en la alimentación de la base de datos conforme se establezca formalmente el uso de los equipos predictivos

El mantenimiento realizado a los equipos se hace a través de un plan establecido por el programa Máximo, el cual tiene actividades definidas. Conforme el tiempo transcurre el proceso continúa de igual manera en fechas definidas, para que los equipos estén en óptimas condiciones de trabajo.

Cuando se inicie el monitoreo de condición se dará un paso hacia un mejor apoyo al Departamento de Mantenimiento, aplicando los conocimientos básicos de las diferentes técnicas dentro de la planta.

Los obstáculos a vencer será la recolección de información para alimentar la base de mediciones, no de equipos. Esperando que se tomen en cuenta los equipos considerados como críticos dentro de los muchos que la planta contiene para los diversos procesos.

Esta base será el corazón a monitorear, que contendrá los equipos a ser inspeccionados, procediendo a recolectar datos dinámicos y en algunos casos de carácter estático. En el manual se podrá observar el tipo de sensor a utilizar para los puntos considerados a medir. Tomando en cuenta las frecuencias de inspección, el personal idóneo para dicha tarea, así como una indicación de alarma para cada equipo o generando una a través de algunas mediciones. Después de cada una de estas indicaciones se procederá a seguir las rutas indicadas en la fase uno y dos.

Conforme sea alimentada la base, se obtendrá un historial valioso para el Departamento de Mantenimiento y para el equipo en si analizado, que finalmente es lo que se quiere tener, información que identifique posibles fallas en condiciones normales y que se puede resolver en la brevedad posible y dentro de los mantenimientos preventivos, con base en análisis previo con las técnicas de Monitoreo de Condición, para cada caso definido.

CONCLUSIONES

1. Para dar inicio al programa de Monitoreo de Condición se tiene el listado específico de los equipos a ser analizados, lo cual hace mucho más fácil el siguiente paso a seguir y evita tomar equipos que pueden ser no tan necesarios para el análisis.
2. Cuando se tiene ya establecido las frecuencias con las cuales se realizará la medición de los equipos críticos, se deberá de seguir ese programa para obtener el comportamiento en el tiempo, lo cual ayudará a intervenir según se logre observar.
3. Las técnicas consideradas en el plan de monitoreo de condición podrán ser utilizadas en conjunto, ya que lo que no alcance a detectar un equipo el otro lo hará y el resultado será aun mejor.
4. La utilización de los equipos con los que cuenta la empresa deben de ser herramientas utilizadas de forma periódica en los equipos de la planta, pero esto requiere de personal con capacitación en cada una de las técnicas para tomar mediciones e interpretarlas, dando solución en la brevedad posible de estas técnicas.
5. El apoyo de todos los que integran el Departamento de Mantenimiento, ayudará a facilitar la inspección y los resultados serán beneficios para mantenimiento y producción.

RECOMENDACIONES

1. Al gerente de Mantenimiento de Conservación Industrial (CI), la utilización de los equipos de ultrasonido y termografía con los que cuenta la planta, en los tiempos establecidos, en las partes correspondientes y sobretodo que sea continuamente en los equipos críticos.
2. A los supervisores de Conservación Industrial (CI) de proceso, de las áreas a cargo, dar apoyo y sugerencias a personal analista de fallas, para una mejor comunicación respecto a los equipos analizados y resolver conjuntamente determinado problema, transmitiendo conocimiento de los equipos, de los procesos de cómo trabaja la máquina, etc. resolviendo con eficiencia la posible falla.
3. Al gerente de Conservación Industrial (CI), supervisores de Conservación Industrial (CI), informar a los jefes de grupo, técnicos mecánicos y eléctricos, etc. la revisión de la base de datos de equipos establecidos y las frecuencias consideradas para el personal analista de falla y proceder a iniciar las mediciones correspondientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALTMANN, Carolina. *Las Técnicas de Monitoreo de Condición, como herramienta del Mantenimiento Proactivo*. [en línea]. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/tecnicas-monitoreo.pdf>. [Consulta: 20 de septiembre de 2013].
2. DÍAZ QUIÑÓNEZ, Jerónimo. *Diseño de un programa de mantenimiento predictivo para motores eléctricos con base en monitoreo de temperatura y vibración* [en línea]. [http://biblos.usac.edu.gt/asp/getFicha.asp?glx=548520.glx&skin=&recnum=1&maxrecnum=1&searchString=\(@titulo%20DISENO%20and%20DE%20and%20UN%20and%20PROGRAMA%20and%20DE%20and%20MANTENIMIENTO%20and%20PREDICTIVO\)%20and%20\(@buscable%20S\)&orderBy=titulodisp\[a\]&pg=1&biblioteca=.](http://biblos.usac.edu.gt/asp/getFicha.asp?glx=548520.glx&skin=&recnum=1&maxrecnum=1&searchString=(@titulo%20DISENO%20and%20DE%20and%20UN%20and%20PROGRAMA%20and%20DE%20and%20MANTENIMIENTO%20and%20PREDICTIVO)%20and%20(@buscable%20S)&orderBy=titulodisp[a]&pg=1&biblioteca=) [Consulta 11 de septiembre de 2013].
3. GÓMEZ GÓMEZ, Leonel. *Mantenimiento Predictivo*. [en línea]. http://www.leotecnicas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=107:mantenimiento. [Consulta: 1 de agosto de 2013].

4. GRIJALVA GARCÍA, Luis Alfonso. *Manual de Operación, diseño y propuesta* [en línea]. [http://biblos.usac.edu.gt/asp/getFicha.asp?glx=383128.glx&skin=&recnum=18&maxrecnum=25&searchString=\(%20MANUAL%20and%20DE%20and%20OPERACION\)%20and%20\(%20buscable%20S\)&orderBy=titulodisp\[a\]&pg=1&biblioteca=.](http://biblos.usac.edu.gt/asp/getFicha.asp?glx=383128.glx&skin=&recnum=18&maxrecnum=25&searchString=(%20MANUAL%20and%20DE%20and%20OPERACION)%20and%20(%20buscable%20S)&orderBy=titulodisp[a]&pg=1&biblioteca=) [Consulta: 20 de septiembre de 2013].
5. LÓPEZ LOVERA, Alberto Enrique. *Implementación de un plan de mantenimiento predictivo de equipos rotativos basado en el análisis de vibraciones en una planta embotelladora.* [en línea]. <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1058/1/Tesis.AN%C3%81LISIS%20DE%20VIBRACIONES%20EN%20UNA%20PLANTA%20EMBOTELLADORA.pdf>. [Consulta: 19 de septiembre de 2013].
6. MIRANDA JUARÉZ, Edgar Estuardo. *Rediseño y Optimización del sistema de Distribución de Vapor* [en línea]. [http://biblos.usac.edu.gt/getFicha.asp?glx=572739.glx&skin=&recnum=2&maxrecnum=2&searchString=\(%20REDISENO%20and%20OPTIMIZACION\)%20and%20\(%20buscable%20S\)&orderBy=titulodisp\[a\]&pg=1&biblioteca=>](http://biblos.usac.edu.gt/getFicha.asp?glx=572739.glx&skin=&recnum=2&maxrecnum=2&searchString=(%20REDISENO%20and%20OPTIMIZACION)%20and%20(%20buscable%20S)&orderBy=titulodisp[a]&pg=1&biblioteca=). [Consulta 10 de septiembre de 2013].
7. ORELLANA Y ORELLANA, Selmer Stivens. *Implementación de un Sistema Automatizado de Gestión, en la bodega de repuestos de la planta Empacadora Toledo, S. A.* [en línea]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2098_IN.pdf. [Consulta: 18 de septiembre de 2013].

8. Planta Toledo. *Documentación de Mantenimiento (preventivos, correctivos, emergentes, VOSO)*. Conservación Industrial. Guatemala: Toledo 2010. p. 1- 50.

9. UE Systems inc. *Instrucción Manual Ultraprobe 10 000*. New York: 2001. p. 13 - 52.

APÉNDICE

Tabla I. Ejemplo de aplicación de análisis de termografía industrial, equipo eléctrico y mecánico, planta Toledo

INSPECCIONES DE TABLEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS CON TERMOGRAFÍA

| Tablero No. | Código de equipo | Descripción del tablero | Línea de producción | Puntos calientes SI/NO | Imagen No. |
|--|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------|
| 1 | FM-004 | Vista General | Producción Formado, Línea 2 | NO | |
| 2 | RP-004 | Vista General | Producción Formado, Línea 2 | NO | |
| 3 | EM-003 | Vista General | Producción Formado, Línea 2 | NO | |
| 4 | FP-002 | Contactador No. 3, Sobrecarga | Producción Formado, Línea 2 | SI | |
| 5 | HC-002 | Vista General | Producción Formado, Línea 2 | NO | |
| 6 | FM-003 | Vista General | Producción Formado, Línea 1 | NO | |
| 7 | RP-003 | Vista General | Producción Formado, Línea 1 | NO | |
| 8 | EM-004 | Vista General, Falso Contacto | Producción Formado, Línea 1 | SI | |
| 9 | FP-004 | Vista General | Producción Formado, Línea 1 | NO | |
| 10 | HC-001 | Borneras | Producción Formado, Línea 1 | NO | |
| 11 | HC-001 | Guarda motor 8Q7 | Producción Formado, Línea 1 | NO | |
| 12 | HC-002 | Guarda motor 8Q7 | Producción Formado, Línea 2 | NO | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| | | Fecha: | 8 de Agosto de 2013 | | |
| | | Realizado Por: | Ing. José Carlos Álvarez A. (Nivel 2) | | |
| | | Verificado Por: | Ing. Jorge Luis Puertas | | |
| <p>Observaciones: Equipo utilizado ThermoCAM T420, fabricante Flir Systems-AB Sweden. Se pudo observar al momento de realizar la inspección que los equipos FP-002 y EM-004 están con posibles fallas una es de sobrecarga y la otra es falso contacto. Por lo que se procede a indicar a personal de mantenimiento para resolver las fallas en la brevedad posible.</p> | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Ejemplo de aplicación de análisis de termografía industrial, equipo eléctrico y mecánico, planta Toledo**

INSPECCIONES DE TABLEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS CON TERMOGRAFÍA

| Tablero No. | Código de equipo | Descripción del tablero | Línea de producción | Puntos calientes SI/NO | Imagen No. |
|---|------------------|---|---------------------------------------|------------------------|------------|
| 1 | TD-009 | Contactador No. 3 y 4 | Pasillo Fomado | NO | |
| 2 | TD-008 | Flipon iluminación, empaque formado, Falso Contacto | Pasillo Fomado | SI | |
| 3 | TD-007 | Breaker Principal, Túnel Koppens TU-002, Falso Contacto | Pasillo Fomado | SI | |
| 4 | TD-006 | Vista General | Pasillo Fomado | NO | |
| 5 | TD-031 | Flipon No. 2, Falso Contacto | Pasillo Fomado | SI | |
| 6 | TD-031 | Flipon No. 11, | Pasillo Fomado | SI | |
| 7 | TD-005 | Breaker Principal | Pasillo Fomado | NO | |
| 8 | TD-004 | Breaker Principi al Aire Acondicionado | Pasillo Fomado | NO | |
| 9 | TD-002 | Flipon No. 7 | Pasillo Fomado | SI | |
| 10 | TD-094 | Vista General, Falso Contacto | Pasillo Fomado | SI | |
| 11 | TD-054 | Vista General | Pasillo Fomado | NO | |
| 12 | TD-055 | Breaker Principal | Pasillo Fomado | NO | |
| 13 | TD-003 | Vista General | Pasillo Fomado | NO | |
| | | Fecha: | 8 de Agosto de 2013 | | |
| | | Realizado Por: | Ing. José Carlos Álvarez A. (Nivel 2) | | |
| | | Verificado Por: | Ing. Jorge Luis Puertas | | |
| Observaciones: Equipo utilizado ThermaCAM T420, fabricante Flir Systems-AB Sweden. | | | | | |
| Para esta área se encontraron cinco equipos con posibles fallas eléctricas cada uno con el punto en donde se detecto un exceso de temperatura comparado con otros similares, por lo que se procedio también a indicar a los encargados de mantto. | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Listado general de equipos críticos con sus componentes a inspeccionar y la técnica a aplicar

| CODIG UBICAJ EQUIPO | ÁREA | CODIG O | NOMBRE DE LA MÁQUINA | CODIGO POR PARTE | Tipo part 2 | PUNTO S | TIPO DE MONITOREO | FECHA AGOSTO 2013 | |
|---------------------------|-----------------------|------------|--|---------------------|-------------------|--|----------------------|-------------------|---|
| | | | | | | | | U | V |
| 106 | Esteros | AA-001 | Aire Acondicionado RIAC0804KA9 | AA-001 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 106 | Esteros | AA-001 | Aire Acondicionado RIAC0804KA9 | AA-001 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 106 | Esteros | AA-004 | Aire Acondicionado MAC0604KA3 | AA-004 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 106 | Esteros | AA-004 | Aire Acondicionado MAC0604KA3 | AA-004 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 106 | Esteros | AA-006 | Aire Acondicionado MAC048KA1 | AA-006 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 106 | Esteros | AA-006 | Aire Acondicionado MAC048KA1 | AA-006 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 111 | Fabricación jamones | BV-001 | Bomba de Vado RA0100B 5M3 | BV-001BOM-001 | 1 | BOM/ Bomba de P. Palas | X | | |
| 111 | Fabricación jamones | BV-001 | Bomba de Vado RA0100B 5M3 | BV-001ME-106 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 113 | Empaque jamones | BV-005 | Bomba de Vado RA0250 D8210MEZ | BV-005BOM-002 | 1 | BOM/ Bomba de P. Palas | X | | |
| 113 | Empaque jamones | BV-005 | Bomba de Vado RA0250 D8210MEZ | BV-005ME-107 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 113 | Empaque jamones | BV-006 | Bomba de Vado RA0250 D823 2ZZ | BV-006BOM-003 | 1 | BOM/ Bomba de P. Palas | X | | |
| 113 | Empaque jamones | BV-006 | Bomba de Vado RA0250 D823 2ZZ | BV-006ME-106 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 123 | Empaque Salchicha | BV-008 | Bomba de Vado RA250 D823 DL2Z | BV-008BOM-004 | 1 | BOM/ Bomba de P. Palas | X | | |
| 123 | Empaque Salchicha | BV-008 | Bomba de Vado RA250 D823 DL2Z | BV-008ME-107 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 123 | Empaque Salchicha | BV-000 | Bomba de Vado RA0250 D 823 2ZZ | BV-000BOM-005 | 1 | BOM/ Bomba de P. Palas | X | | |
| 123 | Empaque Salchicha | BV-000 | Bomba de Vado RA0250 D 823 2ZZ | BV-000ME-108 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 121 | Fabricación Salchicha | BV-003 | Bomba Vacio RA 100ME 523 | BV-003BOM-006 | 1 | BOM/ Bomba de P. Palas | X | | |
| 121 | Fabricación Salchicha | BV-003 | Bomba Vacio RA 100ME 523 | BV-003ME-109 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 113 | Empaque Jamones | BV-004 | Bomba Vacio RA0255 D806 101 | BV-004BOM-007 | 1 | BOM/ Bomba de P. Palas | X | | |
| 113 | Empaque Jamones | BV-004 | Bomba Vacio RA0255 D806 101 | BV-004ME-110 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 105 | Talleres | CA-001 | Compresor Tornillo Aire Comprimido ILS-10 25H AC | CA-001COM-1 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 105 | Talleres | CA-001 | Compresor Tornillo Aire Comprimido ILS-10 25H AC | CA-001ME-041 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 105 | Talleres | CA-001 | Compresor Tornillo Aire Comprimido ILS-10 25H AC | CA-001TAB-007 | 1 | TM/ Tablero de mando | X | | |
| 105 | Talleres | CA-002 | Compresor Tornillo Aire Comprimido ILS-10 25H AC | CA-002COM-1 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 105 | Talleres | CA-002 | Compresor Tornillo Aire Comprimido ILS-10 25H AC | CA-002ME-040 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 105 | Talleres | CA-002 | Compresor Tornillo Aire Comprimido ILS-10 25H AC | CA-002TAB-006 | 1 | TM/ Tablero de mando | X | | |
| 105 | Talleres | CA-003 | Compresor Tornillo Aire Comprimido 3709/A | CA-003COM-1 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 105 | Talleres | CA-003 | Compresor Tornillo Aire Comprimido 3709/A | CA-003ME-039 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 105 | Talleres | CA-003 | Compresor Tornillo Aire Comprimido 3709/A | CA-003TAB-005 | 1 | TM/ Tablero de mando | X | | |
| 105 | Talleres | CA-004 | Compresor Tornillo Aire Comprimido AS 36 | CA-004COM-1 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 105 | Talleres | CA-004 | Compresor Tornillo Aire Comprimido AS 36 | CA-004ME-038 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 105 | Talleres | CA-004 | Compresor Tornillo Aire Comprimido AS 36 | CA-004TAB-004 | 1 | TM/ Tablero de mando | X | | |
| 101 | Camaras | CE-004 | Camara Blast Freezer | CE-004ME-048 | 1 | ME/ Motor Nos. 2,7 Hp | X | | |
| 102 | Camaras | CE-005 | Camara Blast Freezer | CE-005ME-049 | 1 | ME/ Motor Nos. 3,7 Hp | X | | |
| 105 | Talleres | CF-001 | Caldera Acoske Térmico Fulton 0500C | CF-001ME-042 | 1 | ME/ Motor de circulación de aceite térmico | X | | |
| 105 | Talleres | CF-001 | Caldera Acoske Térmico Fulton 0500C | CF-001ME-043 | 1 | ME/ Motor de circulación de aceite térmico | X | | |
| 105 | Talleres | CF-001 | Caldera Acoske Térmico Fulton 0500C | CF-001ME-044 | 1 | ME/ Motor de circulación de aceite térmico | X | | |
| 106 | Esteros | CR-007 | Compresor Refrigerante (Compresor) Sabroe/SMC06L | CR-007COM-012 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 106 | Esteros | CR-007 | Compresor Refrigerante (Compresor) Sabroe/SMC06L | CR-007ME-122 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 106 | Esteros | CR-008 | Compresor Refrigerante (Compresor) Sabroe/SMC06L | CR-008COM-013 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 106 | Esteros | CR-008 | Compresor Refrigerante (Compresor) Sabroe/SMC06L | CR-008ME-123 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 106 | Esteros | CR-009 | Compresor Refrigerante (Compresor) Sabroe/SMC04L | CR-009COM-014 | 1 | COM/ Compresor | X | | |
| 106 | Esteros | CR-009 | Compresor Refrigerante (Compresor) Sabroe/SMC04L | CR-009ME-124 | 1 | ME/ Motor eléctrico | X | | |
| 106 | Esteros | CS-001 | Compresor Semihermético MDT-3-220E-TSK-229 | CS-001ME-061 | 1 | ME/ Motor del condensador, 1/2 Hp | X | | |
| 106 | Esteros | CS-002 | Compresor Semihermético MDT-3-220E-TSK-229 | CS-002ME-062 | 1 | ME/ Motor del condensador, 1/2 Hp | X | | |
| 107 | Esteros | CS-001 | Compresor Semihermético MDT-3-220E-TSK-230 | CS-001TAB-004 | 1 | TM/ Tablero de Mando | X | | |
| 106 | Esteros | CS-002 | Compresor Semihermético MDT-3-220E-TSK-229 | CS-002TAB-005 | 1 | TM/ Tablero de Mando | X | | |
| 106 | Esteros | CT-002 | Comaresor Tornillo Refrigeración ITDSH 2335 | CT-002COM-1 | 1 | COM/ Compresor | X | | |

Continuación de la tabla III.

| 106 | Exteriores | CE-002 | Compressor Semihermético4DT3-220E-TS1C-223 | CS-002/TM-015 | TM | Tablero de Mando | Dispositivos Electrónicos | X |
|-----|----------------------------------|--------|---|----------------|-----|---|---------------------------|---|
| 106 | Exteriores | CI-002 | Compressor Tornillo Refrigeración TDSH-2338 | CI-002/COM-1 | COM | Compresor | Dispositivos Electrónicos | X |
| 106 | Exteriores | CI-003 | Compressor Tornillo Refrigeración TDSH-2338 | CI-002/ME-053 | ME | Motor del Compresor | Col.L.Cargall.Vent | X |
| 106 | Exteriores | CI-003 | Compressor Tornillo Refrigeración (Alta) SGC181806899 | CI-003/COM-1 | COM | Compresor | Col.L.Cargall.Vent | X |
| 106 | Exteriores | CI-003 | Compressor Tornillo Refrigeración (Alta) SGC181806899 | CI-003/ME-054 | ME | Motor del compresor | Col.L.Cargall.Vent | X |
| 106 | Exteriores | CI-004 | Compressor Tornillo Refrigeración (Baja) SGC181806898 | CI-004/COM-1 | COM | Compresor | Col.L.Succional.Descarga | X |
| 106 | Exteriores | CI-004 | Compressor Tornillo Refrigeración (Baja) SGC181806898 | CI-004/ME-085 | ME | Motor del compresor | Col.L.Succional.Descarga | X |
| 106 | Exteriores | CI-005 | Compressor Tornillo Refrigeración 84H | CI-005/COM-1 | COM | Compresor | Col.L.Cargall.Vent | X |
| 106 | Exteriores | CI-005 | Compressor Tornillo Refrigeración 84H | CI-005/ME-086 | ME | Motor del compresor | Col.L.Succional.Descarga | X |
| 106 | Exteriores | CI-006 | Compressor Tornillo Refrigeración Frick RWF 84H | CI-006/COM-1 | COM | Compresor | Col.L.Succional.Descarga | X |
| 106 | Exteriores | CI-006 | Compressor Tornillo Refrigeración Frick RWF 84H | CI-006/ME-087 | ME | Motor del compresor | Col.L.Cargall.Ventilador | X |
| 106 | Exteriores | CI-008 | Compressor Tornillo Refrigeración 84H | CI-008/COM-010 | COM | Compresor | Col.L.Succional.Descarga | X |
| 106 | Exteriores | CI-008 | Compressor Tornillo Refrigeración 84H | CI-008/ME-088 | ME | Motor del compresor | Col.L.Cargall.Vent | X |
| 111 | Fabricación Embudidos jamonés | CU-001 | Corredora Cuzco VSM1600 | CU-001/ME-003 | ME | Estado auxiliares | Col.L.Cargall.Vent | X |
| 111 | Fabricación Embudidos jamonés | CU-001 | Corredora Cuzco VSM1600 | CU-001/TE-003 | TE | Estado eléctrico | Col.L.Cargall.Ventilador | X |
| 121 | Fabricación Embudidos Salchichas | CU-002 | Corredora Cuzco TECM&Q/200 | CU-002/TEC-002 | TE | Tablero de Mando | Dispositivos Electrónicos | X |
| 121 | Fabricación Embudidos Salchichas | CU-002 | Corredora Cuzco TECM&Q/200 | CU-002/ME-002 | ME | Estado auxiliares | Col.L.Cargall.Vent | X |
| 121 | Fabricación Embudidos Salchichas | CU-004 | Corredora Cuzco TECM&Q/300 | CU-002/TM-002 | TM | Tablero de mando | Dispositivos Electrónicos | X |
| 121 | Fabricación Embudidos Salchichas | CU-004 | Corredora Cuzco CMCFCS | CU-004/TEC-001 | TE | Estado auxiliares | Dispositivos Electrónicos | X |
| 121 | Fabricación Embudidos Salchichas | CU-004 | Corredora Cuzco CMCFCS | CU-004/ME-001 | ME | Motor Eléctrico | Col.L.Cargall.Vent | X |
| 121 | Fabricación Embudidos Salchichas | CU-004 | Corredora Cuzco CMCFCS | CU-004/TM-001 | TM | Tablero de mando | Dispositivos electrónicos | X |
| 105 | Talleres | CV-001 | Caldera de vapor /SPHY-200-S-2000175 | CY-001/ME-045 | ME | Motor del Ventilador 20 Hp | Col.L.Elej.Vent | X |
| 105 | Talleres | CV-001 | Caldera de vapor /SPHY-200-S-2000175 | CY-001/ME-046 | ME | Motor de inyección (lo recirculacion) | Col.L.Elej.Vent | X |
| 105 | Talleres | CV-002 | Intercambiador caldera de vapor 578-SPHY-250-6 | CY-001/TM-009 | TM | Tablero de Mando | Dispositivos Electrónicos | X |
| 105 | Talleres | CV-002 | Intercambiador caldera de vapor 578-SPHY-250-6 | CY-002/ME-046 | ME | Motor del Ventilador 20 Hp | Col.L.Elej.Vent | X |
| 105 | Talleres | CV-002 | Intercambiador caldera de vapor 578-SPHY-250-6 | CY-002/TM-010 | TM | Tablero de Mando | Col.L.Elej.Vent | X |
| 132 | Empaque Formados | EE-002 | Empacadora Sólidos /VMS-280 | EB-002/ME-035 | ME | Motor principal 1.3Kw a 1480v, 11Kw a 2 | Col.L.Elej.Vent | X |
| 132 | Empaque Formados | EE-002 | Empacadora Sólidos /VMS-280 | EB-002/CF-005 | CF | Motorreductor | Col.L.Entr/Sal | X |
| 132 | Empaque Formados | EE-002 | Empacadora Sólidos /VMS-280 | EB-002/TM-016 | TE | Tablero Eléctrico | Disp.Electr | X |
| 132 | Empaque Formados | EE-002 | Empacadora Sólidos /VMS-280 | EB-003/ME-036 | ME | Motor | Col.L.Elej.Vent | X |
| 133 | Producción Formado | EM-003 | Empacadoras 6001385 | EM-003/CF-006 | CF | Motorreductor | Col.Entr/Sal | X |
| 133 | Producción Formado | EM-003 | Empacadoras 6001385 | EM-003/TM-017 | TE | Tablero Eléctrico | Disp.Electr | X |
| 133 | Producción Formado | EM-004 | Empacadoras Flour 6001545 | EM-004/ME-037 | ME | Motor | Col.L.Elej.Vent | X |
| 133 | Producción Formado | EM-004 | Empacadoras Flour 6001545 | EM-004/TM-018 | TM | Motorreductor | Col.Entr/Sal | X |
| 123 | Embudidos empaque salchicha | EP-002 | Codificador Fechador Multivar/MF323 | EP-002/CF-009 | CF | Motorreductor cinta teléfon | Disp.Electr | X |
| 123 | Embudidos empaque salchicha | EP-002 | Codificador Fechador Multivar/MF323 | EP-002/CF-010 | CF | Motorreductor cinta transportadora | Col.L.Entr/Sal | X |
| 123 | Embudidos empaque salchicha | EP-002 | Codificador Fechador Multivar/MF323 | EP-002/TM-022 | TE | Tablero Eléctrico | Disp.Electr | X |
| 133 | Producción Formado | FM-003 | Codificador Fechador Multivar/MF323 | EP-002/CF-008 | CF | Motorreductor cadena de residuos | Disp.Electr | X |
| 133 | Producción Formado | FM-003 | Formadora Koppens VM60HSE1832 | FM-003/ME-088 | ME | Motor Principal | Col.L.Elej.Vent | X |
| 133 | Producción Formado | FM-004 | Formadora Koppens VM60HSE1832 | FM-004/ME-089 | ME | Motor Eléctrico | Disp.Electr | X |
| 133 | Producción Formado | FM-004 | Formadora Koppens VLF600856 | FM-004/TM-020 | TE | Tablero Eléctrico | Disp.Electr | X |
| 133 | Producción Formado | FM-005 | Formadora 400 CF SMI F400 | FM-005/ME-100 | ME | Motor Principal | Disp.Electr | X |
| 133 | Producción Formado | FM-005 | Formadora 400 CF SMI F400 | FM-005/TM-021 | TE | Tablero Eléctrico | Disp.Electr | X |
| 133 | Producción Formado | FM-005 | Formadora 400 CF SMI F400 | FM-005/ME-101 | ME | Motor de recirculación | Col.L.Elej.Vent | X |
| 133 | Producción Formado | FM-005 | Formadora 400 CF SMI F400 | FM-005/TM-023 | TE | Tablero Eléctrico | Disp.Electr | X |
| 133 | Producción Formado | FM-006 | Freidora Koppens Esal Fry 6000/650 | HC-001/CH-004 | CHU | Chumacera No.1 | Colinete | X |
| 133 | Producción Formado | FM-006 | Freidora Koppens Esal Fry 6000/650 | HC-001/CH-005 | CHU | Chumacera No.2 | Colinete | X |
| 133 | Producción Formado | FM-006 | Freidora Koppens Esal Fry 6000/650 | HC-001/CH-006 | CHU | Chumacera No.3 | Colinete | X |
| 133 | Producción Formado | FM-006 | Freidora Koppens Esal Fry 6000/650 | HC-001/CH-007 | CHU | Chumacera No.4 | Colinete | X |
| 133 | Producción Formado | FM-006 | Freidora Koppens Esal Fry 6000/650 | HC-001/ME103 | ME | Motor eléctrico No.1 | Colinete L.cargall.blower | X |
| 133 | Producción Formado | FM-006 | Freidora Koppens Esal Fry 6000/650 | HC-001/ME104 | ME | Motor eléctrico No.2 | Colinete L.cargall.blower | X |
| 133 | Producción Formado | FM-006 | Freidora Koppens Esal Fry 6000/650 | HC-001/ME105 | ME | Motor eléctrico No.3 | Colinete L.cargall.blower | X |
| 133 | Producción Formado | FM-006 | Freidora Koppens Esal Fry 6000/650 | HC-001/ME106 | ME | Motor eléctrico No.4 | Colinete L.cargall.blower | X |
| 133 | Producción Formado | FM-006 | Freidora Koppens Esal Fry 6000/650 | HC-001/TM027 | TE | Tablero de Mando | Dispositivos Electrónicos | X |

Continuación de la tabla III.

| | TE | Tabla de Mando | Dispositivos Electrónicos | X |
|-----|--------|--|-------------------------------|---|
| 131 | HC-001 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | | |
| 131 | HC-002 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Coilnete | X |
| 131 | HC-003 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Coilnete | X |
| 131 | HC-004 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Coilnete | X |
| 131 | HC-005 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Coilnete | X |
| 131 | HC-006 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Coilnete L cargall blower | X |
| 131 | HC-007 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Coilnete L cargall blower | X |
| 131 | HC-008 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Coilnete L cargall blower | X |
| 131 | HC-009 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Coilnete L cargall blower | X |
| 131 | HC-010 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Coilnete L cargall blower | X |
| 131 | HC-011 | Fully Cooked Home Cookstar 600/6r/70 (FCC) | Dispositivos Electrónicos | X |
| 112 | HV-001 | Home Vapor Fessman T-7000 | L Turbinal Taja | X |
| 112 | HV-002 | Home Vapor Fessman T-7000 | Coil L ejetl ventilador | X |
| 112 | HV-003 | Home Vapor Fessman T-7000 | L Turbinal Taja | X |
| 112 | HV-004 | Home Vapor Fessman T-7000 | L Turbinal Taja | X |
| 112 | HV-005 | Home Vapor Fessman T-7000 | Coil L ejetl ventilador | X |
| 122 | HV-006 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl ventilador | X |
| 122 | HV-007 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 1 | X |
| 122 | HV-008 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 2 | X |
| 122 | HV-009 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 3 | X |
| 122 | HV-010 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 4 | X |
| 122 | HV-011 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 5 | X |
| 122 | HV-012 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 6 | X |
| 122 | HV-013 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 7 | X |
| 122 | HV-014 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 8 | X |
| 122 | HV-015 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 9 | X |
| 122 | HV-016 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 10 | X |
| 122 | HV-017 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 11 | X |
| 122 | HV-018 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 12 | X |
| 122 | HV-019 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 13 | X |
| 122 | HV-020 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 14 | X |
| 122 | HV-021 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 15 | X |
| 122 | HV-022 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 16 | X |
| 122 | HV-023 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 17 | X |
| 122 | HV-024 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 18 | X |
| 122 | HV-025 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 19 | X |
| 122 | HV-026 | Home Vapor Maurer/ASH 72AL | Coil L ejetl Vent No. 20 | X |
| 122 | HV-027 | Home Vapor SCHRÖTERI FH09 | Coil L ejetl Vent No. 1 | X |
| 122 | HV-028 | Home Vapor SCHRÖTERI FH09 | Coil L ejetl Vent No. 2 | X |
| 122 | HV-029 | Home Vapor SCHRÖTERI FH09 | Coil L ejetl Vent No. 3 | X |
| 122 | HV-030 | Home Vapor SCHRÖTERI FH09 | Coil L ejetl Vent No. 4 | X |
| 122 | HV-031 | Home Vapor SCHRÖTERI FH09 | Coil L ejetl Vent No. 5 | X |
| 122 | HV-032 | Home Vapor SCHRÖTERI FH09 | Coil L ejetl Vent No. 6 | X |
| 122 | HV-033 | Home Vapor SCHRÖTERI FH09 | Coil L ejetl Vent No. 7 | X |
| 106 | MH-003 | Maquina de Hielo M18033 FC-06 | Coil L ejetl Vent | X |
| 106 | MH-004 | Maquina de Hielo M18033 FC-11 | Coil L ejetl Vent | X |
| 131 | MP-002 | Mezcladora de Paletas MTBV-23-020/P | Coil Entrada/Salida | X |
| III | MT-001 | Molino Tornillo (Molino) Veller/103 | Coil L ejetl ventilador | X |
| III | MT-002 | Molino Tornillo (Molino) Veller/103 | Coil L ejetl Vent | X |
| 084 | MT-003 | Molino Tornillo Veller/162 | Coil Entr/Sal | X |
| 084 | MT-004 | Molino Tornillo Veller/162 | Coil Entr/Sal | X |
| 121 | MT-005 | Molino Tornillo 200 | Coil Entrada/Salida No.1 | X |
| 121 | MT-006 | Molino Tornillo 200 | Coil Entrada/Salida No.2 | X |
| 121 | MT-007 | Molino Tornillo 200 | Coil L ejetl Vent No.1 | X |
| 121 | MT-008 | Molino Tornillo 200 | Coil L ejetl Vent No.2 | X |
| 121 | MT-009 | Molino Tornillo 1612 | Coil Entrada/Salida | X |
| 121 | MT-010 | Molino Tornillo 1612 | Coil L ejetl Vent | X |
| 131 | MT-011 | Molino Tornillo (Molino) Veller/678 | Coilnete L cargall ventilador | X |
| 131 | MT-012 | Molino Tornillo (Molino) Veller/678 | Coilnete L cargall salida | X |

Continuación de la tabla III.

| | | | | | | | | | | |
|-----|--------------------|--------|--|----------------|---|-----|---------------------------|------------------------------|---|---|
| 101 | Producción Formado | MT-006 | Molino Tornillo (Molino) Veller1878 | MT-006/CP019 | 1 | MR | Motorreductor | Coilrete L entrada, salida | X | X |
| 102 | Empaque Jámones | RJ-001 | Cortadora Rodajadora CFS | RJ-001/RJ-011 | 1 | ME | Motor Eléctrico | Cuerpo del motor | X | X |
| 103 | Empaque Jámones | RJ-002 | Cortadora Rodajadora CFS | RJ-002/RJ-012 | 1 | ME | Motor Eléctrico | Eje | X | X |
| 104 | Empaque Jámones | RJ-002 | Cortadora Rodajadora CFS | RJ-002/RJ-002 | 1 | RB | Motor Eléctrico | Cuerpo del motor | X | X |
| 105 | Empaque Jámones | RJ-002 | Cortadora Rodajadora CFS | RJ-002/RJ-002 | 1 | RB | Motor Eléctrico | Eje | X | X |
| 106 | Producción Formado | RP-002 | Rebosadora CFS/TDE600 | RP-002/TM-024 | 1 | MR | Motorreductor | Disp Electr | X | X |
| 107 | Producción Formado | RP-003 | Rebosadora CFS/TDE600 | RP-003/CR-016 | 1 | MR | Motorreductor | Coil. Enfríasal | X | X |
| 108 | Producción Formado | RP-003 | Rebosadora CFS/TDE600 | RP-003/CR-017 | 1 | MR | Motorreductor | Coil. Enfríasal | X | X |
| 109 | Producción Formado | RP-004 | Rebosadora CFSW/TC600 | RP-004/CR-018 | 1 | MR | Motorreductor | Disp Electr | X | X |
| 110 | Producción Formado | RP-004 | Rebosadora Koppens WTC600 | RP-004/CR-018 | 1 | MR | Motorreductor | Coil. Enfríasal | X | X |
| 111 | Producción Formado | SB-002 | Cortadora De Banda Bino/MS3 | SB-002/ME-105 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Disp Electr | X | X |
| 112 | Talleres | SR-001 | Secador De Aire Kaeaser/TC-31 | SR-001/TM-011 | 1 | TM | Tablero de mando | Coil. L. Enfr. Vent | X | X |
| 113 | Talleres | SR-002 | Secador De Aire Kaeaser/TC-31 | SR-002/TUB-001 | 1 | TM | Tubería | Dispositivos Eléctricos | X | X |
| 114 | Talleres | SR-002 | Secador De Aire Kaeaser/TC-31 | SR-002/TM-012 | 1 | TM | Tubería | Fugas de refrigerante | X | X |
| 115 | Talleres | SR-003 | Secador De Aire Kaeaser | SR-003/TUB-002 | 1 | TUB | Tubería | Dispositivos Eléctricos | X | X |
| 116 | Talleres | SR-003 | Secador De Aire | SR-003/TM-013 | 1 | TM | Tablero de mando | Fugas de refrigerante | X | X |
| 117 | Exteriores | TC-005 | Torre de Enfriamiento K/LP S-250 S | TC-005/ME-081 | 1 | ME | Motor del ventilador | Fugas de refrigerante | X | X |
| 118 | Exteriores | TC-005 | Torre de Enfriamiento K/LP S-250 S | TC-005/ME-082 | 1 | ME | Motor de la bomba de agua | Coil. L. Condall. Vent | X | X |
| 119 | Exteriores | TC-006 | Torre de Enfriamiento Fick L745RH/Alta/Bia | TC-006/ME-083 | 1 | ME | Motor Ventilador No. 1 | Coil. L. Condall. Ventilador | X | X |
| 120 | Exteriores | TC-006 | Torre de Enfriamiento Fick L745RH/Alta/Bia | TC-006/ME-084 | 1 | ME | Motor Ventilador No. 2 | Coil. L. Condall. Ventilador | X | X |
| 121 | Exteriores | TC-006 | Torre de Enfriamiento Fick L745RH/Alta/Bia | TC-006/ME-085 | 1 | ME | Motor de la bomba de agua | Coil. L. Condall. Ventilador | X | X |
| 122 | Exteriores | TC-008 | Torre de Enfriamiento VCA-451A | TC-008/ME-086 | 1 | ME | Motor Ventilador No. 1 | Coil. L. Condall. Ventilador | X | X |
| 123 | Exteriores | TC-008 | Torre de Enfriamiento VCA-451A | TC-008/ME-087 | 1 | ME | Motor Ventilador No. 2 | Coil. L. Condall. Ventilador | X | X |
| 124 | Exteriores | TC-008 | Torre de Enfriamiento VCA-451A | TC-008/ME-088 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Coil. L. Condall. Ventilador | X | X |
| 125 | Áreas Comunes | TD-001 | Tablero Eléctrico Dst. 480V Comp. Cámaras | TD-001 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 126 | Oficinas | TD-002 | Tablero Eléctrico Dst. 277-480V Refrigeración | TD-002 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 127 | Áreas Comunes | TD-003 | Tablero Eléctrico Dst. 277-480V Refrigeración | TD-003 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 128 | Áreas Comunes | TD-004 | Tablero Eléctrico Dst. Aire Acondicionado | TD-004 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 129 | Áreas Comunes | TD-005 | Tablero Eléctrico Dst. Breaker Principal 120/240V | TD-005 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 130 | Áreas Comunes | TD-006 | Tablero Eléctrico Dst. 480V Producción Formados | TD-006 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 131 | Áreas Comunes | TD-007 | Tablero Eléctrico Dst. 480V Producción Formados | TD-007 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 132 | Áreas Comunes | TD-008 | Tablero Eléctrico Dst. 120/208V | TD-008 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 133 | Áreas Comunes | TD-009 | Tablero Eléctrico Dst. Inyectores Iluminación Formados | TD-009 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 134 | Talleres | TD-010 | Tablero Eléctrico Dst. Inyectores Cocina | TD-010 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 135 | Áreas Comunes | TD-011 | Tablero Eléctrico Dst. Principal TF1000 | TD-011 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 136 | Áreas Comunes | TD-012 | Tablero Eléctrico NCB Dst. TD 6200 | TD-012 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 137 | Áreas Comunes | TD-013 | Tablero Eléctrico Dst. Principal 480V | TD-013 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 138 | Áreas Comunes | TD-014 | Tablero Eléctrico Dst. TD1000 120V | TD-014 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 139 | Áreas Comunes | TD-015 | Tablero Eléctrico Dst. TD1002 120/208V | TD-015 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 140 | Áreas Comunes | TD-016 | Tablero Eléctrico Dst. TD1002 120/208V | TD-016 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 141 | Áreas Comunes | TD-017 | Tablero Eléctrico Dst. Transferencia | TD-017 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 142 | Áreas Comunes | TD-018 | Tablero Eléctrico Regulado UPS | TD-018 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 143 | Áreas Comunes | TD-021 | Tablero Eléctrico THQL Dst. TD1103 # 1 | TD-021 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 144 | Áreas Comunes | TD-022 | Tablero Eléctrico THQL Dst. TD1103 # 2 | TD-022 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 145 | Áreas Comunes | TD-022 | Tablero Eléctrico NHCB Dst. Extracción Aire Envasados | TD-022 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 146 | Áreas Comunes | TD-026 | Tablero Eléctrico NHCB Dst. TD1700 Envasados | TD-026 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 147 | Áreas Comunes | TD-027 | Tablero Eléctrico Dst. NHCB 277/480 | TD-027 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 148 | Áreas Comunes | TD-028 | Tablero Eléctrico Dst. NHCB 277/480 | TD-028 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 149 | Áreas Comunes | TD-029 | Tablero Eléctrico Dst. 120/208V | TD-029 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 150 | Áreas Comunes | TD-031 | Tablero Eléctrico Dst. TD 1201A 120/240V | TD-031 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 151 | Áreas Comunes | TD-032 | Tablero Eléctrico Dst. TD 6201B 120/240V | TD-032 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 152 | Talleres | TD-033 | Tablero Eléctrico Dst. TD 300 277/480 | TD-033 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 153 | Áreas Comunes | TD-034 | Tablero Eléctrico Dst. Lado A 480V | TD-034 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 154 | Áreas Comunes | TD-035 | Tablero Eléctrico Dst. Lado A 240V | TD-035 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 155 | Áreas Comunes | TD-038 | Tablero Eléctrico Dst. Lado A 208/120V Regulado | TD-038 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |
| 156 | Áreas Comunes | TD-039 | Tablero Eléctrico Dst. Lado A 208/120V Regulado | TD-039 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X | X |

Continuación de la tabla III.

| Código | Descripción | Modelo | Características | Material | Observaciones |
|--------|--------------------|--------|--|----------------|----------------------------|
| 113 | Empaque Jamones | RU-001 | Contadora Rodadora CFS | RU-001/ME-111 | Motor Eléctrico |
| 113 | Empaque Jamones | RU-001 | Contadora Rodadora CFS | RU-001/ROT-001 | Eje |
| 113 | Empaque Jamones | RU-002 | Contadora Rodadora CFS | RU-002/ME-112 | Motor Eléctrico |
| 113 | Empaque Jamones | RU-002 | Contadora Rodadora CFS | RU-002/ROT-002 | Eje |
| 131 | Producción Formado | RP-002 | Rebosadora CFS/TDE600 | RP-002/TM-024 | Disp. Electr. |
| 131 | Producción Formado | RP-003 | Rebosadora CFS/MT6000 | RP-003/CR-016 | Col. Ent/Sal |
| 131 | Producción Formado | RP-003 | Rebosadora CFS/MT6000 | RP-003/TM-025 | Col. Ent/Sal |
| 131 | Producción Formado | RP-004 | Rebosadora Koppens VTC600 | RP-004/CR-018 | Disp. Electr. |
| 131 | Producción Formado | RP-004 | Rebosadora Koppens VTC600 | RP-004/TM-026 | Col. Ent/Sal |
| 105 | Talleres | SR-001 | Secador De Aire Ikasser/TC-31 | SR-001/ME-105 | Motor Eléctrico |
| 105 | Talleres | SR-001 | Secador De Aire Ikasser/TC-31 | SR-001/TM-011 | Col. L. Ejec. Vent. |
| 105 | Talleres | SR-002 | Secador De Aire Ikasser/TC-31 | SR-002/TUB-001 | Fugas de refrigerante |
| 105 | Talleres | SR-002 | Secador De Aire Ikasser/TC-31 | SR-002/TUB-002 | Fugas de refrigerante |
| 105 | Talleres | SR-003 | Secador De Aire | SR-003/TM-013 | Dispositivos Electrónicos |
| 105 | Talleres | SR-003 | Secador De Aire | SR-003/TUB-003 | Fugas de refrigerante |
| 106 | Exteriores | TC-005 | Torre de Enfriamiento X/LP S-250 S | TC-005/ME-061 | Col. L. Carcav. Vent. |
| 106 | Exteriores | TC-005 | Torre de Enfriamiento X/LP S-250 S | TC-005/TM-027 | Col. L. Carcav. Vent. |
| 106 | Exteriores | TC-006 | Torre de Enfriamiento Frik L745R/H/A/B | TC-006/ME-062 | Col. L. Carcav. Ventilador |
| 106 | Exteriores | TC-006 | Torre de Enfriamiento Frik L745R/H/A/B | TC-006/TM-028 | Col. L. Carcav. Ventilador |
| 106 | Exteriores | TC-006 | Torre de Enfriamiento Frik L745R/H/A/B | TC-006/ME-065 | Col. L. Carcav. Ventilador |
| 106 | Exteriores | TC-006 | Torre de Enfriamiento VCA-451A | TC-006/TM-029 | Col. L. Carcav. Ventilador |
| 106 | Exteriores | TC-006 | Torre de Enfriamiento VCA-451A | TC-006/ME-067 | Col. L. Carcav. Ventilador |
| 104 | Áreas Comunes | TD-001 | Tablero Eléctrico VCA-451A | TD-001 | Fiploones |
| 102 | Olefinas | TD-002 | Tablero Eléctrico Dist. 120/208V (Iluminación Olefinas) | TD-002 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-003 | Tablero Eléctrico Dist. 277-480V Refrigeración | TD-003 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-004 | Tablero Eléctrico Dist. Aire Acondicionado | TD-004 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-005 | Tablero Eléctrico Dist. Breaker Principal 1200/240V | TD-005 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-006 | Tablero Eléctrico Dist. 480V Producción Formados | TD-006 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-007 | Tablero Eléctrico Dist. 480V Producción Formados | TD-007 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-008 | Tablero Eléctrico Dist. 120/208V | TD-008 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-009 | Tablero Eléctrico Dist. Inyectores Iluminación Formados | TD-009 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-010 | Tablero Eléctrico Dist. Inyectores Cocina | TD-010 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-011 | Tablero Eléctrico Dist. Principal TP1000 | TD-011 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-012 | Tablero Eléctrico NCB Dist. TD1200 | TD-012 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-013 | Tablero Eléctrico Dist. Principal 480V | TD-013 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-014 | Tablero Eléctrico Dist. TD1000 120V | TD-014 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-015 | Tablero Eléctrico Dist. TD1011 120/208V | TD-015 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-016 | Tablero Eléctrico Dist. TD102 120/208V | TD-016 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-017 | Tablero Eléctrico Dist. Transparencia | TD-017 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-018 | Tablero Eléctrico Regulado UPS | TD-018 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-019 | Tablero Eléctrico THQL Dist. TD1003 # 1 | TD-019 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-020 | Tablero Eléctrico THQL Dist. TD1003 # 2 | TD-020 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-021 | Tablero Eléctrico Dist. Extractores Aire Envasados | TD-021 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-022 | Tablero Eléctrico M/CB Dist. TD1700 Envasados | TD-022 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-025 | Tablero Eléctrico Dist. Iluminación (Baños Lado B-salMehs) | TD-025 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-027 | Tablero Eléctrico Dist. N/CB 277/480 | TD-027 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-028 | Tablero Eléctrico Dist. TD120/240 | TD-028 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-029 | Tablero Eléctrico 120/208V | TD-029 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-031 | Tablero Eléctrico Dist. TD 1200A 120/240V | TD-031 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-032 | Tablero Eléctrico Dist. TD1200B 120/240V | TD-032 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-033 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A 480V | TD-033 | Fiploones |
| 105 | Talleres | TD-034 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A 480V | TD-034 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-035 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A 240V | TD-035 | Fiploones |
| 104 | Áreas Comunes | TD-036 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A 208/120V Regulado | TD-036 | Fiploones |

Continuación de la tabla III.

| | | | | | | | | |
|-----|---------------|--------|---|---|----|-------------------|-----------|---|
| 104 | Áreas Comunes | TD-035 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A 240V | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-036 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A 208/120V Regulado | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-037 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A (4) 208/120V | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-038 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A (5) 208/120V | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-039 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A 277V | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-040 | Tablero Eléctrico Dist. Lado A (3) 240V | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-041 | Tablero Eléctrico Dist. Iluminación Salchicha | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-042 | Tablero Eléctrico Dist. Inyectores Cocina Salchicha | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-043 | Tablero Eléctrico Dist. Lado B 480V | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-044 | Tablero Eléctrico Dist. Lado B 240V | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-045 | Tablero Eléctrico Dist. Lado B 208/120V | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-046 | Tablero Eléctrico Dist. CK-W 68V Ventiladores Envasados | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-047 | Tablero Eléctrico Dist. Iluminación Producción Salchicha | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-048 | Tablero Eléctrico Dist. Sub estación 2MVA | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-049 | Tablero Eléctrico Principal 480/277 VCA, 3000 AMP | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-050 | Tablero Eléctrico Transferencia Sub Estación 2MVA | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 105 | Talleres | TD-051 | Tablero Eléctrico Dist. Bombas Agua | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-052 | Tablero Eléctrico Dist. Taller Soldadura | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-053 | Tablero Eléctrico SWI Lavadora Canastas | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-054 | Tablero Eléctrico Dist. 480V # 1 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-055 | Tablero Eléctrico Dist. 480V # 2 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-056 | Tablero Eléctrico Control | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-057 | Tablero Eléctrico Dist. (Electric) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-058 | Tablero Eléctrico Arriague | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-059 | Tablero Eléctrico Principal Compressor Sabroe | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-060 | Tablero Eléctrico Arriague Compressor Sabroe # 1 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-061 | Tablero Eléctrico (Panel de mando) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-062 | Tablero Eléctrico Arriague Compressor Sabroe # 2 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-063 | Tablero Eléctrico Control de Temperatura | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-064 | Tablero Eléctrico Dist. 120V | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-065 | Tablero Eléctrico Arriague Compressor Sabroe # 3 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-066 | Tablero Eléctrico Dist. | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-067 | Tablero Eléctrico Arriague # 1 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-068 | Tablero Eléctrico Arriague # 2 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-069 | Tablero Eléctrico Mandos # 2 Baja Temp | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-070 | Tablero Eléctrico Mandos # 2 Evaporador Fabricación | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-071 | Tablero Eléctrico Mandos 1 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-072 | Tablero Eléctrico Dist. (Electric) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-073 | Tablero Eléctrico Dist. (Control Iluminación Sabroe) TL612 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-074 | Tablero Eléctrico Dist. (Control Cámara Descong/Mandos) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-075 | Tablero Eléctrico Dist. (Control Cámara # 2) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-076 | Tablero Eléctrico Dist. (Control Cámara # 3) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-077 | Tablero Eléctrico Dist. (Control Compressor Viller # 4) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-078 | Tablero Eléctrico Dist. (Control Compressor Viller # 3) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-079 | Tablero Eléctrico Dist. (Control Compressor Viller # 2) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-080 | Tablero Eléctrico Dist. (Control Compressor Viller # 1) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-081 | Tablero Eléctrico Dist. (Control Cámara 24) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-082 | Tablero Eléctrico Dist. (Cámara Salmuera) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-083 | Tablero eléctrico Dist (Bombas de Amoniaco Viller) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-084 | Tablero Eléctrico Dist (Control Enfriamiento Viller) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-085 | Tablero Eléctrico Dist (Control Vail Level) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-086 | Tablero Eléctrico Dist (Control Máquina de Hielo) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-087 | Tablero Eléctrico Dist (Control (Cámara # y cámara 3) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 102 | Oficinas | TD-089 | Tablero Eléctrico Dist (Cámaras de Vigilancia) TL612 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 102 | Oficinas | TD-090 | Tablero Eléctrico Dist (Corriente Regulada Oficinas) TL612 | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-091 | Tablero Eléctrico Dist. Iluminación y Fuerza TL612 (Oficinas) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-092 | Tablero Eléctrico Dist (Control Bombas) | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-093 | Tablero Eléctrico Dist (Control Arriague Suave Compressor | 1 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |




Continuación de la tabla III.

| | | | | | | | | |
|-----|---------------------------|--------|--|---------------|-----|--|-------------------------|---|
| 106 | Exteriores | TD-093 | Tablero Eléctrico Dist. Control Arranque Suave Compresor | TD-093 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 104 | Áreas Comunes | TD-094 | Tablero Eléctrico Dist. THOL Aire Fecord Ecogoga Repuestos | TD-094 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 106 | Exteriores | TD-095 | Tablero Eléctrico Dist. (Módulo C1 arena 12) | TD-095 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 10 | Edificios e instalaciones | TD-096 | Tablero Eléctrico Dist. (Caretina Microondas 1) | TD-096 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 102 | Ciudades | TD-097 | Tablero Eléctrico Dist. TL12412UP'S administración | TD-097 | TE | Tablero Eléctrico | Filipones | X |
| 132 | Empaque Farmados | TP-001 | Banda (Jirara 490) Kamierz80 | TP-001MCR-014 | MPR | Motorreductor | Col. Entresal | X |
| 106 | Exteriores | TR-002 | Deposito Tanque | TR-002ME-063 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 1 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 106 | Exteriores | TR-005 | Deposito Tanque | TR-005ME-070 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 2 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 106 | Exteriores | TR-005 | Deposito Tanque Alta Frick /VCR38-16 | TR-005ME-071 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 1 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 106 | Exteriores | TR-005 | Deposito Tanque Alta Frick /VCR38-16 | TR-005ME-072 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 2 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 106 | Exteriores | TR-010 | Deposito Tanque Baja /VCR38-16 | TR-010ME-073 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 1 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 106 | Exteriores | TR-011 | Deposito Tanque Baja /VCR38-16 | TR-011ME-074 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 2 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 106 | Exteriores | TR-011 | Deposito Tanque Frick /VCR-38-16 | TR-011ME-075 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 1 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 106 | Exteriores | TR-012 | Deposito Tanque | TR-012ME-076 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 2 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 106 | Exteriores | TR-012 | Deposito Tanque | TR-012ME-077 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 1 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 106 | Exteriores | TR-012 | Deposito Tanque | TR-012ME-078 | ME | Motor Bomba Alimentacio No. 2 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-002 | Túnel Koopens 600 /S/VS600/20,75 | TU-002ME-079 | ME | Motor regulación de aire No. 1 5Kw | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-002 | Túnel Koopens 600 /S/VS600/20,75 | TU-002ME-080 | ME | Motor regulación de aire No. 2 5Kw | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-002 | Túnel Koopens 600 /S/VS600/20,75 | TU-002ME-081 | ME | Motor regulación de aire No. 3 5Kw | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-002 | Túnel Koopens 600 /S/VS600/20,75 | TU-002ME-082 | ME | Motor regulación de aire No. 4 5Kw | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-002 | Túnel Koopens 600 /S/VS600/20,75 | TU-002ME-083 | ME | Motor regulación de aire No. 5 5Kw | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-002 | Túnel Koopens 600 /S/VS600/20,75 | TU-002ME-084 | ME | Motor regulación de aire No. 6 5Kw | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-002 | Túnel Koopens 600 /S/VS600/20,75 | TU-002ME-085 | ME | Motor de tracción de cinta transportad | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-086 | ME | Motor de tracción de cinta transportad | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-087 | ME | Motor de tracción de cinta transportad | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-088 | ME | Motor de tracción de cinta transportad | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-089 | ME | Motor de tracción de cinta transportad | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-090 | ME | Motor de tracción de cinta transportad | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-091 | ME | Motores de ebullición de aire No. 1 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-092 | ME | Motores de ebullición de aire No. 2 | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-093 | ME | Motor de Sistema ADF (descongelado) | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-094 | ME | Motor de lavado automático | Col. L. Carosall, Vent. | X |
| 131 | Producción Farmado | TU-004 | Túnel /GC600-08-24-14 NS | TU-004ME-094 | ME | Motor de secado de cinta | Col. L. Carosall, Vent. | X |

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Formato general de Plan Monitoreo de Condición, ultrasonido

EMPACADORA TOLEDO, S.A.
PLANTA AMATITLÁN
MONITOREO DE CONDICIÓN
Formato de plan de Monitoreo de Condición
Monitoreo de Ultrasonido, Termografía, Vibración



|    | | DIGRAMA ESQUEMÁTICO DEL EQUIPO | | | | | | | | |
|--|---------------|---|------------------|-----|---------------------|--------------|---------------|----|----|----|
| PLANIFICACION DE PROGRAMA MC PLANTA TOLEDO DEPTO. CONSERVACIÓN INDUSTRIAL | | | | | | | | | | |
| DATOS GENERALES | | | | | | | | | | |
| Código del Equipo: | | | | | | | | | | |
| Descripción del Equipo: | | | | | | | | | | |
| Ubicación del Equipo: | | | | | | | | | | |
| Código de Ruta: | | | | | | | | | | |
| Frecuencia: | | | | | | | | | | |
| No. De personas: | | | | | | | | | | |
| Tiempo Total: | | | | | | | | | | |
| DATOS DEL MEDIDOR: | | TÉCNICA DE MONITOREO: | | | | | | | | |
| Marca: | | <input type="radio"/> TERMOGRAFÍA: <input checked="" type="radio"/> ULTRASONIDO: <input type="radio"/> VIBRACIÓN: | | | | | | | | |
| Modelo: | | | | | | | | | | |
| Observación: | | | | | | | | | | |
| NIVELES DE ALARMA Y PRE-ALARMA | | | | | | | | | | |
| PRE-ALARMA: | | | | | | | | | | |
| ALARMA: | | | | | | | | | | |
| FRECUENCIA DE MONITOREO | | | | | | | | | | |
| FECHA | CÓDIGO EQUIPO | NOMBRE DEL EQUIPO | POTENCIA (HP/KW) | RPM | PARTE INSPECCIONADA | SENSIBILIDAD | MEDICIÓN (dB) | | | |
| | | | | | | | P1 | P2 | P3 | P4 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| RECOMENDACIONES PARA LA SEGURIDAD EN LA REALIZACION DEL MONITOREO | | | | | | | | | | |
| 1- En areas internas tener cuidado con la bata, no pegarse mucho en partes rodantes. 2- Utilizar en lo posible Equipo de Protección Personal, de acuerdo al área donde se encuentra. 3- Evitar colocarse en posiciones y posturas en las que se interfiera con el funcionamiento del equipo o pueda ocasionar accidentes. 4- Si se nota algo fuera de lo normal al realizar la medición, reporta a personal técnico y no hacer ajustes por la cuenta del que hace la medición. 5- Tener cuidado en las diferentes areas donde realiza la inspección debio a que se puede deslizar facilmente, estar atento de los movimiento de los operarios, maquinas y de los paso que da el que inspecciona. | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Formato general de Plan Monitoreo de Condición, vibración**

EMPACADORA TOLEDO, S.A.
PLANTA AMATITLÁN
MONITOREO DE CONDICIÓN

Formato de plan de Monitoreo de Condición
Monitoreo de Ultrasonido, Termografía, Vibración

|   | | DIGRAMA ESQUEMÁTICO DEL EQUIPO | | | | | |
|--|------------|---|--------------------|---|---|---|---------------|
| PLANIFICACION DE PROGRAMA MC PLANTA TOLEDO DEPTO. CONSERVACIÓN INDUSTRIAL | | | | | | | |
| DATOS GENERALES | | | | | | | |
| Código del Equipo: | | | | | | | |
| Descripción del Equipo: | | | | | | | |
| Ubicación del Equipo: | | | | | | | |
| Código de Ruta: | | | | | | | |
| Frecuencia: | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| No. De personas: | | | | | | | |
| Tiempo Total: | | | | | | | |
| DATOS DEL MEDIDOR: | | TÉCNICA DE MONITOREO: | | | | | |
| Marca: | | <input type="radio"/> TERMOGRAFÍA: <input type="radio"/> ULTRASONIDO: <input checked="" type="radio"/> VIBRACIÓN: | | | | | |
| Modelo: | | | | | | | |
| Observación: | | | | | | | |
| NIVELES DE ALARMA Y PRE-ALARMA | | | | | | | |
| PRE-ALARMA: | | | | | | | |
| ALARMA: | | | | | | | |
| FRECUENCIA DE MONITOREO | | | | | | | |
| FECHA | DIRECCIÓN | PARAMETRO | PUNTOS DE MEDICIÓN | | | | OBSERVACIONES |
| | | | A | B | C | D | |
| | Axial | Vel(mm/s) | | | | | |
| | | Accl.(G's) | | | | | |
| | Vertical | Vel(mm/s) | | | | | |
| | | Accl.(G's) | | | | | |
| | Horizontal | Vel(mm/s) | | | | | |
| | | Accl.(G's) | | | | | |
| RECOMENDACIONES PARA LA SEGURIDAD EN LA REALIZACION DEL MONITOREO | | | | | | | |
| 1- En areas internas tener cuidado con la bata, no pegarse mucho en partes rodantes. 2- Utilizar en lo posible Equipo de Protección Personal, de acuerdo al área donde se encuentra. 3- Evitar colocarse en posiciones y posturas en las que se interfiera con el funcionamiento del equipo o pueda ocasionar accidentes. 4- Si se nota algo fuera de lo normal al realizar la medición, reporta a personal técnico y no hacer ajustes por la cuenta del que hace la medición. 5- Tener cuidado en las diferentes areas donde realiza la inspección debio a que se puede deslizar facilmente, estar atento de los movimiento de los operarios, maquinas y de los paso que da el que inspecciona. | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Figura 1. **Norma ISO para vibraciones mecánicas**

NORMAS ISO

La normalización internacional (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION) sobre la severidad de vibraciones de máquinas tiene una extensa gama de normas, entre las cuales pueden citarse:

- **ISO 2372-1974, "Vibración mecánica de máquinas con velocidades de operación entre 10 y 200 rev/s, Bases para la especificación de estándares de evaluación".**

Es aplicable a máquinas rotativas con rotores rígidos ya máquinas rotativas con rotores flexibles en los que la medida de vibración en la tapa del cojinete resulta indicativa del comportamiento vibracional de eje.

Sólo estudia vibración global, sin bandas de frecuencias.

Los datos que se requieren para su aplicación son el **nivel global de vibración en velocidad - valor eficaz RMS**, en un rango de frecuencia entre 10 Y 1.000 Hz (severidad de la vibración, según ISO). Por ello, cuando se trabaja en mantenimiento predictivo haciendo análisis por bandas, puede resultar muy útil definir siempre una **banda ISO de 10 H Hz a 1KHz**, de cara a tener una referencia para posibles informes o reclamaciones.

El análisis de este rango de frecuencias permite incluir, para estas velocidades de operación, las acusas más comunes de vibración en máquinas rotativas:

Excitaciones de carácter asíncrono debidas a rozamientos.

- Desequilibrio del rotor.
- Excitaciones de carácter eléctrico y sus armónicos.
- Armónicos de excitaciones asíncronas del rotor.

Continuación de figura 1.

De cara al establecimiento de la **severidad de vibración admisible**, se distinguen varias clases de máquinas rotativas:

CLASE I- Componentes individuales, totalmente conectados al conjunto de la máquina en condiciones normales de operación. Por ejemplo, pequeños motores eléctricos hasta 15 Kw.

CLASE II- Máquinas de tamaño medio. Por ejemplo, motores eléctricos de 15 a 75 Kw o hasta 300 Kw en motores con cimentación especial.

CLASE III- Motores principales grandes, con cimentación rígida y pesada.

CLASE IV - Motores principales grandes montados sobre cimentación blanda y ligera. Por ejemplo, Turbomaquinaria (equipos con RPM > velocidad crítica).

Fuente: http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/asignaturas/emyv/pdfdoc/vib/vib_normativa.pdf, normativa sobre vibraciones, tema 7. p.7 - 9. Consulta: 20 de noviembre de 2013.

Figura 2. **Norma ISO para vibraciones mecánicas**

El criterio de severidad en vibración admisible para cada una de las CLASES de máquinas mencionadas, es el reflejado en la Tabla:

| RMS velocity ranges of vibration severity | | Vibration severity* for separate classes of machines | | | |
|--|--------|--|----------|-----------|----------|
| mm/sec | in/sec | Class I | Class II | Class III | Class IV |
| 0.28 | 0.01 | A | A | A | A |
| 0.45 | 0.02 | | | | |
| 0.71 | 0.03 | B | B | B | B |
| 1.12 | 0.04 | | | | |
| 1.8 | 0.07 | C | C | C | C |
| 2.8 | 0.11 | | | | |
| 4.5 | 0.18 | D | D | D | D |
| 7.1 | 0.28 | | | | |
| 11.2 | 0.44 | | | | |
| 18 | 0.71 | | | | |
| 28 | 1.10 | | | | |
| 45 | 1.77 | | | | |

*The letters A, B, C, and D represent machine vibration quality grades, ranging from good (A) to unacceptable (D)

Continuación de figura 2.

Como puede observarse en la tabla, la severidad de vibración se divide en cuatro rangos: A-Suena, S-Satisfactoria, C-insatisfactoria o D-inaceptable. Para utilizar la norma ISO 2372, basta con clasificar la máquina en estudio dentro de la clase correspondiente y, una vez obtenido el valor global (RMS) de vibración entre 600 y 60.000 CPM, localizar en la tabla la zona en la que se encuentra. La clasificación de la máquina se llevará a cabo en base a una serie de consideraciones:

- El tipo y tamaño de la máquina.
- El tipo de servicio que la misma va a proporcionar o proporciona.
- El sistema de soporte de la máquina.
- El efecto de la vibración en la máquina sobre el entorno de la misma (instrumentación, equipos adyacentes, personas, ...)

En general, se suele considerar que la **severidad de vibración** de la máquina se mantiene invariable si presenta siempre el mismo valor RMS de amplitud de velocidad de vibración en el rango de frecuencias 10 - 1.000 Hz.

• **ISO 3945, "Medida y evaluación de la severidad de vibración en grandes máquinas rotativas , in situ; velocidades de operación entre 10 y 200 rev/s":**

Esta norma, como su mismo título indica, permite clasificar la severidad de vibración de grandes máquinas rotativas "in situ", para velocidades de operación también entre 600 y 1.200 RPM. Se aplica a los grandes motores principales, Clases III y IV definidas arriba.

Fuente: http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/asignaturas/emyv/pdfdoc/vib/vib_normativa.pdf, normativa sobre vibraciones, tema 7. p 7 - 10. Consulta: 20 de noviembre de 2013.

