



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

**APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN
DE PAROS INESPERADOS POR FALLAS EN LA MAQUINARIA Y
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO EN LA PLANTA
DE PRODUCCIÓN DE LA DIVISIÓN CONSUMER CARE DE BAYER, S.A.**

Ricardo Daniel Rodríguez Sierra

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN
DE PAROS INESPERADOS POR FALLAS EN LA MAQUINARIA Y
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO EN LA PLANTA
DE PRODUCCIÓN DE LA DIVISIÓN CONSUMER CARE DE BAYER, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RICARDO DANIEL RODRÍGUEZ SIERRA

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTOS ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón De León
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:

**APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN
DE PAROS INESPERADOS POR FALLAS EN LA MAQUINARIA Y
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO EN LA PLANTA
DE PRODUCCIÓN DE LA DIVISIÓN CONSUMER CARE DE BAYER, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Mecánica Industrial, con fecha septiembre de 2010.



Ricardo Daniel Rodríguez Sierra



Guatemala, 08 de noviembre de 2011.
REF.EPS.D.1032.11.11

Ingeniero
César Ernesto Urquiza Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquiza Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN DE PAROS INESPERADOS POR FALLAS EN LA MAQUINARIA Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA DIVISIÓN CONSUMER CARE DE BAYER, S.A."** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Ricardo Daniel Rodríguez Sierra** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

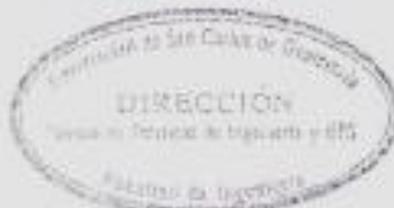
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo como Asesora-Supervisora de EPS y Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

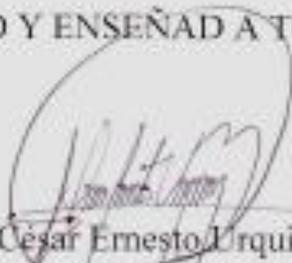
NISZ/ra





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN DE PAROS INESPERADOS POR FALLAS EN LA MAQUINARIA Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA DIVISIÓN CONSUMER CARE DE BAYER, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Ricardo Daniel Rodríguez Sierra**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

DIOS Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.059.012

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN DE PAROS INESPERADOS POR FALLAS EN LA MAQUINARIA Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DEL CAMBIO DE FORMATO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA DIVISIÓN CONSUMER CARE DE BAYER, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Ricardo Daniel Rodríguez Sierra**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2012.

/mgp

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su infinito amor y darme la oportunidad de terminar esta etapa de mi vida con éxito.
- Mis padres** María Romelia Sierra Molina por entregarme todo su amor y apoyo incondicional y acompañarme durante mis éxitos y fracasos.
Miguel Dagoberto Rodríguez Herrera por entregarme todo su amor y hacerme la persona que hoy soy.
- Mis hermanos** Marvin Dagoberto por su amor y apoyo incondicional, es un ejemplo de lucha y esfuerzo, no existen palabras para demostrarle el amor que le siento.
Edgar Humberto por su amor y apoyo incondicional y ser un ejemplo de amor a Dios.
- Mis sobrinos** Por ser las personas que me empujan a querer alcanzar el éxito y me dan una razón para alcanzar mis metas.
- Mis familiares** A los que creyeron en mí y me dieron su ayuda y apoyo en el momento oportuno.
- Mis amigos** Por compartir los buenos y malos momentos prestándome siempre su ayuda incondicional.

Luis Godínez

Por su ayuda incondicional y el cariño mostrado durante esta etapa de mi vida.

Mi asesor

Por su ayuda y dirección en el desarrollo de mi trabajo de graduación.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de adquirir los conocimientos para ser un profesional.

Luis Eduardo Castillo

Por los conocimientos transmitidos sin celo y la amistad brindada.

Jorge González

Por la confianza depositada en mi persona para realizar el EPS en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, el cual él administra.

Bayer, S.A.

Por la oportunidad de realizar el EPS en sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Referencias de la empresa	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Visión	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Valores	4
1.1.5. Estructura organizacional	6
1.1.6. Ubicación	12
2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL. APLICACIÓN DE LA TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN DE PAROS INESPERADOS	13
2.1. Situación actual	13
2.1.1. Análisis FODA de la empresa	13
2.1.2. Aplicación actual del equipo termográfico	19
2.1.3. Aplicación actual del equipo de ultrasonido	20
2.1.4. Mantenimiento aplicado actualmente en la empresa	20

2.1.5.	Análisis de criticidad	21
2.1.5.1.	Objetivo del análisis de criticidad	22
2.1.5.2.	Pasos para desarrollar un análisis de criticidad	23
2.2.	Propuesta	35
2.2.1.	Ensayos no destructivos	36
2.2.1.1.	Clasificación de los ensayos no destructivos	36
2.2.1.2.	Resumen sobre ensayos no destructivos	39
2.2.2.	Mantenimiento predictivo	40
2.2.2.1.	Ventajas del mantenimiento predictivo	41
2.2.3.	Aplicación de termografía y ultrasonido para la prevención de fallas en maquinaria	42
2.2.3.1.	Termografía	42
2.2.3.2.	Ultrasonido	48
2.2.4.	Equipos con los que cuenta la empresa para ensayos no destructivos	51
2.2.4.1.	Equipo para ultrasonido	51
2.2.4.2.	Equipo para termografía	56
2.2.5.	Equipos en los que es posible la aplicación de termografía o ultrasonido	59
2.2.6.	Identificación y señalización de los equipos en los que se aplicará el análisis de termografía y ultrasonido	61
2.2.7.	Especificaciones de las partes de cada sistema o maquinaria a muestrear	64

2.2.7.1.	Funcionamiento de trampas de vapor de balde invertido	64
2.2.7.2.	Funcionamiento de trampas de vapor termodinámicas	69
2.2.7.3.	Funcionamiento de las trampas de vapor de flote o flotador con venteo termostático	73
2.2.7.4.	Línea de aire comprimido de la empresa	76
2.2.7.5.	Tableros eléctricos y electrónicos de las maquinarias	79
2.2.8.	Señalizar el punto en el cual se tomarán las mediciones	81
2.2.9.	Métodos para llevar un análisis de ultrasonido y termográfico	82
2.2.9.1.	Ultrasonido expandido en aire para localizar fugas de aire comprimido	82
2.2.9.2.	Ultrasonido propagado en estructura para el análisis de trampas de vapor	84
2.2.9.3.	Termografía aplicada en tableros eléctricos y electrónicos	85
2.2.10.	Primer muestreo	86
2.2.10.1.	Medición de todos los puntos señalizados	86
2.2.10.2.	Registro de todos los datos obtenidos para su análisis	90

	2.2.10.3.	Reporte inicial de resultados	91
2.2.11.		Análisis de los resultados	94
	2.2.11.1.	Comparación de los resultados con parámetros de funcionamiento normal	94
	2.2.11.2.	Generación de una línea base o de control para las mediciones posteriores	95
2.2.12.		Control y registro	96
	2.2.12.1.	Hojas de verificación para la comprobación de los muestreos	96
	2.2.12.2.	Procedimiento para hacer las mediciones	99
	2.2.12.3.	Propuesta de integración de la termografía y el ultrasonido al programa de mantenimiento de la empresa	105
	2.2.12.4.	Frecuencia de análisis de termografía y ultrasonido para cada maquinaria	107
	2.2.12.5.	Base de datos MP2 para el registro de mediciones de termografía y ultrasonido	110
3.		FASE DE INVESTIGACIÓN. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO	111
	3.1.	Recopilación de información	111
	3.1.1.	Proceso de cambio de formato	111

3.1.2.	Actividades que realiza cada uno de los colaboradores	112
3.1.3.	Situaciones previas a un cambio de formato	113
3.1.4.	Requerimientos para realizar un cambio de formato	114
3.1.5.	Descripción del área del cuarto de formatos	115
3.1.6.	Herramientas utilizadas en un cambio de formato	115
3.2.	Estudio de tiempos	116
3.2.1.	Estudio de tiempos con cronómetro	116
3.2.1.1.	Pasos básicos para realizar un estudio de tiempos con cronómetro	117
3.2.2.	Tiempos estándar	120
3.2.2.1.	Definición	120
3.2.2.2.	Aplicaciones del tiempo estándar	120
3.2.2.3.	Ventajas de la aplicación de los tiempos estándar	122
3.2.3.	Tiempo cronometrado	122
3.2.3.1.	Definición	122
3.2.4.	Tiempo normal	123
3.2.4.1.	Definición	123
3.2.4.2.	Generalidades	123
3.2.4.3.	Cálculo de tiempo normal	124
3.2.5.	Diagrama de proceso	129
3.2.6.	División del proceso de cambio de formato en elementos fácilmente medibles	131
3.2.7.	Cálculo del número de muestras	132
3.2.8.	Toma de tiempos	133

3.2.9.	Cálculo de tiempo cronometrado	137
3.2.10.	Cálculo del tiempo normal	137
3.2.11.	Cálculo de tiempo estándar	139
3.2.12.	Reporte de resultados	141
3.3.	Análisis de los resultados	142
3.3.1.	Tiempos muertos	142
3.3.2.	Elementos innecesarios en el proceso	143
3.3.3.	Preparación previa al proceso de cambio de formato	143
3.4.	Propuesta nuevo proceso para cambio de formato	143
4.	FASE DE DOCENCIA. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL EN LA APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN DE PAROS INESPERADOS POR FALLAS EN MAQUINARIA	147
4.1.	Preparación de capacitaciones	147
4.2.	Planificación de capacitaciones	148
4.3.	Termografía en la prevención de fallas	148
4.3.1.	Termografía	149
4.3.2.	Aplicaciones de termografía	149
4.3.3.	Ventajas de la termografía	149
4.4.	Ultrasonido en la prevención de fallas	150
4.4.1.	Ultrasonido	150
4.4.2.	Aplicaciones del ultrasonido	150
4.4.3.	Ventajas del ultrasonido	150
4.5.	Adiestramiento sobre la toma de mediciones	151
4.6.	Adiestramiento sobre los procedimientos de toma de mediciones	151
4.7.	Integración del equipo de cambio de formato	151

4.7.1.	Generación de objetivos	152
4.7.2.	Creación de un ambiente agradable de trabajo	152
4.7.3.	Responsabilizar a cada miembro del equipo	152
4.8.	Medición de resultados	153
4.8.1.	Evaluación teórica	153
CONCLUSIONES		155
RECOMENDACIONES		159
BIBLIOGRAFÍA		161
APÉNDICES		163
ANEXOS		193

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la división <i>Consumer Care</i> de Bayer	7
2.	Organigrama de la planta <i>Consumer Care</i> en Guatemala	10
3.	Organigrama del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento	11
4.	Mapa de ubicación Bayer, S.A. Guatemala	12
5.	Aspectos de la confiabilidad operacional	22
6.	Formato para recopilación de información para análisis de criticidad	28
7.	Matriz de criticidad	29
8.	Flujograma de criticidad SKF	32
9.	Resultados de análisis de criticidad	33
10.	Resultado gráfico de equipos críticos	34
11.	Componentes del equipo ULTRAPROBE 10 000	52
12.	Cámara termográfica	56
13.	Espectro electromagnético	57
14.	Identificación de maquinarias y sistemas para aplicación de termografía y ultrasonido	62
15.	Salida de condensado de la trampa de balde invertido	65
16.	Cierre de la válvula por la acción del vapor	66
17.	Inicio de apertura de la válvula de la trampa de balde invertido	67
18.	Apertura total de la válvula de la trampa de balde invertido	68
19.	Salida de condensado de la trampa termodinámica	70
20.	Cierre de la trampa termodinámica	71
21.	Apertura de la trampa de vapor termodinámica	72

22.	Salida del condensado de una trampa de vapor de flotador	73
23.	Cierre del venteo de la trampa de vapor de flotador	74
24.	Venteo de la trampa de vapor de flotador	75
25.	Cuadro resumen de características de trampas de vapor	76
26.	Compresor de aire de tornillo Atlas Copco ZT MD 25	77
27.	Líneas de aire comprimido	78
28.	Ejemplo de tablero eléctrico y electrónico	79
29.	Puntos en los que se encuentran los tableros eléctricos y electrónicos	80
30.	Punto de medición de la trampa de vapor	81
31.	Ejemplo de puntos calientes en tableros eléctricos o electrónicos	86
32.	Detección de fugas de aire comprimido en áreas técnicas	87
33.	Detección de fugas de aire comprimido dentro de área de producción	88
34.	Prueba de funcionamiento de las trampas de vapor	89
35.	Estudio de termografía en tableros eléctricos y electrónicos	90
36.	Ejemplo de reporte de fugas de aire comprimido localizadas por medio de ultrasonido	92
37.	Ejemplo de reporte de prueba de trampas de vapor por medio de ultrasonido	93
38.	Ejemplo de reporte de termografía para tableros eléctricos y electrónicos	93
39.	Hoja de inspección para fugas de aire comprimido	97
40.	Hoja de inspección para trampas de vapor	98
41.	Hoja de verificación para tableros eléctricos y electrónicos	99
42.	Diagrama de flujo de proceso para realizar una inspección de fugas de aire comprimido por medio de ultrasonido	101
43.	Diagrama de flujo de proceso para realizar una inspección de trampas de vapor	103

44.	Diagrama de flujo de proceso de inspección de termografía en tableros eléctricos y electrónicos	105
45.	Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse	126
46.	Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse	127
47.	Sistema de calificación de condiciones Westinghouse	128
48.	Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse	129
49.	Diagrama de proceso actual del cambio de formato	130
50.	Número recomendado de ciclos de observación o muestras	133
51.	Toma de tiempos para cambio de formato de línea 1 Tabcín AN a A/N	134
52.	Toma de tiempos para cambio de formato de línea Noack 920 Alka AD a Cardioaspirina	135
53.	Toma de tiempos para cambio de formato de línea 2 Tabcín AN a A/N	136
54.	Suplementos recomendados por ILO	139
55.	Reporte de resultados de estudio de tiempos	141
56.	Diagrama de proceso propuesto para cambio de formato	145
57.	Programación de capacitaciones para el personal asignado para realizar los muestreos de ultrasonido y termografía	148

TABLAS

I.	Matriz FODA empresa Bayer, S.A. Guatemala	16
II.	Listado de equipos para análisis de criticidad	25
III.	Equipos clasificados como equipos de riesgo alto	35
IV.	Áreas de aplicación de termografía	47
V.	Especificaciones de Ultraprobe 10000	55
VI.	Especificaciones cámara termográfica FLUKE TI 10	58
VII.	Tabla resumen de aplicación de termografía y ultrasonido	61

VIII.	Cantidad y tipos de trampas de vapor en el sistema de vapor de Bayer, S.A.	63
IX.	Procedimiento para realizar una inspección de fugas de aire comprimido por medio de ultrasonido	100
X.	Procedimiento para efectuar inspección de ultrasonido para trampas de vapor	102
XI.	Procedimiento para efectuar inspección de termografía en tableros eléctricos y electrónicos	104
XII.	Frecuencia de realización del análisis termográfico	108
XIII.	Frecuencia de realización del análisis de ultrasonido	109
XIV.	División de elementos del proceso de cambio de formato para estudio de tiempos	131
XV.	Tabla resumen de tiempos cronometrados	137
XVI.	Cálculo de factor de calificación por sistema Westinghouse	138
XVII.	Resultado de tiempo normal para tres procesos analizados	138
XVIII.	Resumen del cálculo de suplementos	140
XIX.	Tabla resumen del tiempo estándar para los tres procesos analizados en este proyecto	141

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
MP2	Abreviatura del nombre en inglés del programa Administración de Mantenimiento.
CI	Corrientes inducidas
dB	Decibel, medida de sonoridad o sensación sonora
END	Ensayos no destructivos
&	Es una alternativa gráfica de la conjunción copulativa latina et, que significa y de la que deriva la española «y».
Hz	Hertz, la unidad de frecuencia del sistema internacional de unidades.
kg	Kilogramos, unidad de medida del sistema internacional que se refiere a la masa.
US	Líquidos penetrantes
Min	Minutos

PM	Partículas Magnetizables
%	Porcentaje
RI	Radiografía industrial
-	Signo negativo
+	Signo positivo
US	Ultrasonidos
Psi	Unidad de medida de presión básica del sistema inglés.
Bar	Unidad de medida de presión del sistema internacional.
VP	Valor porcentual
EV	Visual
V	Voltios, medida de voltaje

GLOSARIO

Analgésico	Medicamento que calma o elimina el dolor.
Análisis	Acción y el efecto de separar un todo en los elementos que lo componen con el objetivo de estudiar su naturaleza, función o significado.
Análisis FODA	Metodología de estudio de la situación competitiva de una empresa en su mercado (situación externa) y de las características internas (situación interna) de la misma, a efectos de determinar sus Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas. La situación interna se compone de dos factores controlables: fortalezas y debilidades, mientras que la situación externa se compone de dos factores no controlables: oportunidades y amenazas.
Arco eléctrico	Canal conductivo ocasionado por el paso de una gran carga eléctrica, que produce gas caliente de baja resistencia eléctrica y un haz luminoso.

Biotecnología	Empleo de células vivas para la obtención y mejora de productos útiles, como los alimentos y los medicamentos.
Calidad	Condición o propiedad de alguna cosa que la hace valiosa o apreciable.
Capacitar	Transmitir los conocimientos necesarios para el mejor desarrollo, basado en un plan con objetivos y actividades previstas.
Capilaridad	Propiedad de los líquidos que depende de su tensión superficial (la cual a su vez, depende de la cohesión o fuerza intermolecular del líquido), que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.
Confiabilidad	Fiabilidad, probabilidad de buen funcionamiento de una cosa.
Converger	Concurrir a un mismo punto.
Dermatológico	Especialidad médica encargada del estudio de la estructura y función de la piel.
Deshumidificador	Aparato que reduce la humedad ambiental.
Estanqueidad	Aptitud de resistir la penetración del agua.

Flujo laminar	Movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, estratificado, suave.
Flujo turbulento	Movimiento de un fluido que se da en forma caótica, en que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos.
Flujograma	Representación gráfica de un algoritmo o proceso.
Formular	Expresar, manifestar y recetar.
Gastrointestinal	Perteneiente o relativo al estómago y a los intestinos.
Golpe de ariete	Fenómeno transitorio que se presenta en los conductos a presión ante un cierre abrupto de válvulas, presentándose aumentos y reducciones bruscas de presión en el fluido que pueden llevar a la falla del sistema.

Mantenimiento correctivo

Acción de carácter puntual a raíz del uso, agotamiento de la vida útil u otros factores externos, de componentes, partes, piezas, materiales y en general, de elementos que constituyen la infraestructura o planta física, permitiendo su recuperación, restauración o renovación, sin agregarle valor al establecimiento.

Mantenimiento predictivo

Mantenimiento que se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio.

Mantenimiento preventivo

Mantenimiento ejecutado, de acuerdo con criterios de periodicidad o de condición previstos y en el que se realizan las operaciones prescritas con el objeto de reducir la probabilidad del fallo o la degradación de un elemento.

Método

Lista ordenada de partes o pasos para lograr un fin, procedimientos y técnicas característicos de una disciplina o rama del saber.

Nanotecnología	Tecnología de los materiales y de las estructuras en las que el orden de magnitud se mide en nanómetros, con aplicación a la física, la química y la biología.
Optimización	Es la mejora de un proceso o actividad.
Patrón	Lo que se emplea como muestra para medir alguna magnitud o para replicarla.
Periodicidad	Calidad de lo que ocurre o se efectúa cada cierto espacio de tiempo y repetición regular.
Presurizar	Introducir aire dentro de un espacio cerrado hasta alcanzar cierta presión.
Priorizar	Dar prioridad a una cosa con respecto a otra.
Proceso	Conjunto de acciones integradas y dirigidas hacia un fin. Una acción continua u operación o serie de cambios o tareas que ocurren de manera definida.
Productividad	Relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

Reflexión sónica	Cuando una onda sonora incide sobre una superficie límite de dos medios, de distintas propiedades mecánicas, ópticas, etcétera, parte de la onda se refleja, parte se disipa y parte se transmite.
Rodamiento	Cojinete formado por dos cilindros concéntricos, entre los que se intercala una corona de bolas o rodillos.
Salario devengable	Cantidad de dinero recibida por realizar una tarea específica.
Tableteadora	Máquina que por medio de compresión elabora medicamentos en forma de tableta.
Trampa de vapor	Válvula que drena automáticamente el condensado de vapor que contiene un sistema de tuberías de vapor, permitiendo que el vapor fluya a una tasa ajustada o controlada.
Vapor <i>flash</i>	Consiste en la revaporización del condensado en un sistema de vapor.
Venteo	Sacar el aire de un sistema cerrado.

RESUMEN

En la planta de producción de Bayer, S.A. en Guatemala, se cuenta con una gran ventaja sobre las otras empresas, ésta reside en la posesión de equipo para estudio ultrasónico y termográfico.

En este trabajo de graduación desarrollado a través del EPS, se explica la manera de aplicar estas dos tecnologías para la prevención de fallos inesperados por paros en maquinaria de la planta de producción de Bayer, S.A.

El ultrasonido es utilizado para la localización de fugas de aire comprimido en todo el sistema de la planta, además de utilizarlo para la verificación del funcionamiento de las trampas de vapor de todo el sistema de vapor, la termografía es utilizada para la verificación de tableros eléctricos y electrónicos por medio de la localización de puntos calientes. En ambos casos, se logró encontrar fallas en los sistemas que no habían sido percibidas y por ende, se logró la reducción de fallos en las maquinarias.

Además, de lo mencionado anteriormente se puede encontrar, la realización de un estudio de tiempo para el proceso de cambio de formato en las tres líneas más importantes para la planta, con el fin de presentar una propuesta de mejora para dicho proceso por presentar una eficiencia muy baja actualmente.

El trabajo también contiene la parte del factor humano, la manera en que se debe integrar al personal a un proyecto para que se logren alcanzar los objetivos del mismo.

OBJETIVOS

General

Aplicar el uso de equipo de termografía y ultrasonido, para la prevención de paros inesperados en las maquinarias y optimización del proceso de cambio de formato en la Planta de Producción de la División *Consumer Care* de Bayer, S.A. en Guatemala.

Específicos

1. Determinar una línea de referencia o línea base para comparar los datos obtenidos en las mediciones de termografía y ultrasonido.
2. Reducir los tiempos muertos en el proceso de cambio de formato.
3. Generar los procedimientos adecuados para la sistematización de los procesos de medición de termografía y ultrasonido.
4. Medir el tiempo actual en el que se realiza el cambio de formato, para poderlo mejorar.
5. Investigar las normas o parámetros bajo los cuales se utilizan los ensayos no destructivos como termografía y ultrasonido.
6. Orientar a los empleados en la importancia de las nuevas tecnologías y las ventajas que ofrecen para la prevención de paros inesperados en maquinaria.

7. Capacitar a los colaboradores involucrados en la manera correcta de obtener datos y la importancia que esto tiene para el análisis de los mismos.
8. Reducir costos por pérdidas en el sistema de aire comprimido.

INTRODUCCIÓN

Las maquinarias con las que cuenta la planta de producción de Bayer, S.A. en Guatemala para la elaboración de sus productos, es una maquinaria muy especializada y que requiere que los suministros que sirven para su funcionamiento sean bastante estables. Estos equipos fallan con facilidad, cuando sus suministros como aire comprimido, electricidad y vapor tienen una variación muy alta y estos fallos tienen un costo muy alto para la planta.

Un proceso que también representa un problema para el funcionamiento eficiente de la planta, es el proceso de cambio de formato, que actualmente tiene una duración mayor a cinco horas. La demanda de los clientes actualmente es variable y la planta no puede manejar inventarios muy altos de cada producto, por lo que se requieren varios cambios de la producción durante tiempos cortos, haciendo que el tiempo de cambio de formato sea esencial para la eficiencia de la planta.

Las nuevas tecnologías ofrecen un análisis de los equipos y sistemas sin realizar paros en la producción. En Bayer, S.A., actualmente se cuenta con equipo de ultrasonido y termografía que son parte de estas nuevas tecnologías. Analizando las razones por las cuales los equipos han tenido tantos fallos, se ha encontrado que estos se deben a inestabilidad en los suministros de aire comprimido, electricidad y vapor.

Revisando las aplicaciones que ofrecen las tecnologías mencionadas, se encuentra que pueden utilizarse para mantener estabilidad en los sistemas de vapor con la revisión de trampas de vapor, que al fallar provocan que el sistema sea ineficiente. También pueden ser utilizadas para la localización de fugas en los sistemas de aire comprimido, tales fugas provocan pérdidas de presión en el sistema. Además, pueden ser utilizadas para la localización de fallos en tableros eléctricos y electrónicos, que provocan fallos en la maquinaria.

El estudio de tiempos es una herramienta que es utilizada para medir el tiempo real en que se realiza un proceso y permite observar deficiencias en el mismo. El realizar un estudio de tiempos para el proceso de cambio de formato permitirá elaborar una propuesta de mejora, esto ayudará a mejorar el tiempo en que se realiza un cambio de formato y ayudará a la planta de producción de Bayer, S.A. en Guatemala a ser una planta más eficiente.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Referencias de la empresa

La importancia de conocer sobre el objeto de estudio en una investigación científica es primordial, es por esto, que a continuación se presentan las generalidades de la empresa Bayer, S.A. en Guatemala.

1.1.1. Reseña histórica

La División *Consumer Care* de Bayer, S.A. en Guatemala, lleva muchos años de ofrecer al pueblo guatemalteco, los mejores productos farmacéuticos por medio de su excelente calidad y su magnífica distribución a nivel nacional. Esta información puede encontrarse en la página *web* de Bayer, S.A. Guatemala.

“Kaltwasser & Compañía, Ltda. inició la distribución de productos Bayer, S.A. en 1915. Bayer, S.A. Guatemala fue fundada en 1962 para la fabricación y distribución de productos de protección a cultivos y sanidad animal.

En 1964, una segunda empresa - Bayer, S.A. Farmacéutica Ltda. -- Fue fundada para la distribución de medicamentos con receta.

En Guatemala, funcionan dos de las tres plantas de producción que operan en la región de Centroamérica y el Caribe. La planta Bayer, S.A. CropScience, dedicada a la formulación y envasado de productos fitosanitarios, principalmente insecticidas, fungicidas y herbicidas se encuentra en el municipio de Amatitlán.

En la planta situada en la ciudad de Guatemala se manufacturan productos de venta libre, primordialmente analgésicos, antigripales y medicamentos de la línea gastrointestinales¹.

Bayer, S.A. Guatemala cuenta con una variedad de productos que encierran, productos sólidos y efervescentes y que no requieren de prescripción médica para su venta. A continuación se presentan los productos que se fabrican:

Alka-AD®, Alka-Gastric®, Alka-H2®, Alka-Seltzer®, Aspirina® (para niños), Baytalcid®, Canesten® V, Dorival®, Focus®, Focus® paraNiños, Nervessa®, Tabcín®Formula Mejorada, Tabcín® Niños, Tabcín-Active®, Liquid-Gels, Tabcín-EF® Extra Fuerte, Tabcín-GT®, Gripe y tos, Tabcín-pm® Acción Nocturna, Tabcín-t® Liquid-Gels, Viteen C®.

1.1.2. Visión

“Liderazgo en crecimiento. Bayer, S.A. *Consumer Care* es la compañía de cuidados de la salud líder a nivel mundial, dedicada a la innovación y crecimiento, comprometida a presentar los mejores resultados financieros de su clase.

¹ Bayer, S.A. Centroamérica y el Caribe. “Quiénes somos? Guatemala”. Actualización 12 octubre 2011. <<http://www.bayer-ca.com/guatemala>>./[Consulta: en septiembre 2011].

Innovación en las marcas. Nuestra pasión es crear marcas líderes por medio de la comprensión de las necesidades del consumidor y la presentación de soluciones innovadoras y científicas a través de las principales categorías de automedicación.

Gente y cultura. Juntos construimos una cultura de orgullo y propósito que nos permite dar forma al futuro del cuidado de la salud del consumidor.

Reconocimiento y oportunidad. Reconocemos y recompensamos la excelencia en el desempeño y proporcionamos oportunidades que estimulan a los individuos a maximizar su potencial”².

1.1.3. Misión

“The mission statement underscores Bayer’s willingness as an inventor company to help shape the future and our determination to come up with innovations that benefit humankind. Of special importance in this respect are new products emerging from Bayer’s active substance research, the consumer health business, the growth markets of Asia and new areas such as biotechnology and nanotechnology”³.

La declaración de misión da realce a la voluntad de Bayer, S.A. como una compañía de inventores para ayudar a moldear el futuro y nuestra determinación para llegar a las innovaciones que benefician a la humanidad.

^{2 y 3} Bayer, S.A. Centroamérica y el Caribe. “Planta Consumer Care”. Visión. Octubre 12 de 2011. <<http://www.bayer-ca.com/planta-consumer-care>>. / [Consulta: en septiembre 2011].

De especial importancia en este sentido son los nuevos productos que salen de un principio activo de investigación de Bayer, el negocio de la salud del consumidor, los mercados en crecimiento de Asia y nuevas áreas como la biotecnología y la nanotecnología.

1.1.4. Valores

- Liderazgo
 - ✓ Respaldar a las personas y fomentar el rendimiento.
 - ✓ Mostrar iniciativa propia e inspirar y motivar a los demás.
 - ✓ Asumir la responsabilidad por las acciones y los resultados, los éxitos y los fracasos.
 - ✓ Tratar a los demás de forma justa y respetuosa.
 - ✓ Dar feedback con claridad, amabilidad y franqueza en el momento adecuado.
 - ✓ Abordar los conflictos de forma constructiva.
 - ✓ Generar valor para la sociedad.

- Integridad
 - ✓ Dar ejemplo.
 - ✓ Cumplir las leyes, reglamentos y códigos de conducta empresarial.
 - ✓ Confiar en los demás y establecer relaciones basadas en la confianza.
 - ✓ Ser honrado y fiable.
 - ✓ Escuchar con atención y comunicarse adecuadamente.

- ✓ Garantizar la sostenibilidad buscando el equilibrio entre los resultados a corto plazo y las necesidades a largo plazo.
- ✓ Preocuparse por las personas, la seguridad y el ambiente.

- Flexibilidad
 - ✓ Impulsar activamente los cambios.
 - ✓ Estar dispuesto a adaptarse a las tendencias y necesidades futuras.
 - ✓ Cuestionar el estado actual de las cosas.
 - ✓ Pensar y actuar teniendo en cuenta a los clientes.
 - ✓ Buscar oportunidades y asumir riesgos calculados.
 - ✓ Tener una actitud abierta.
 - ✓ Estar dispuesto a seguir aprendiendo permanentemente.

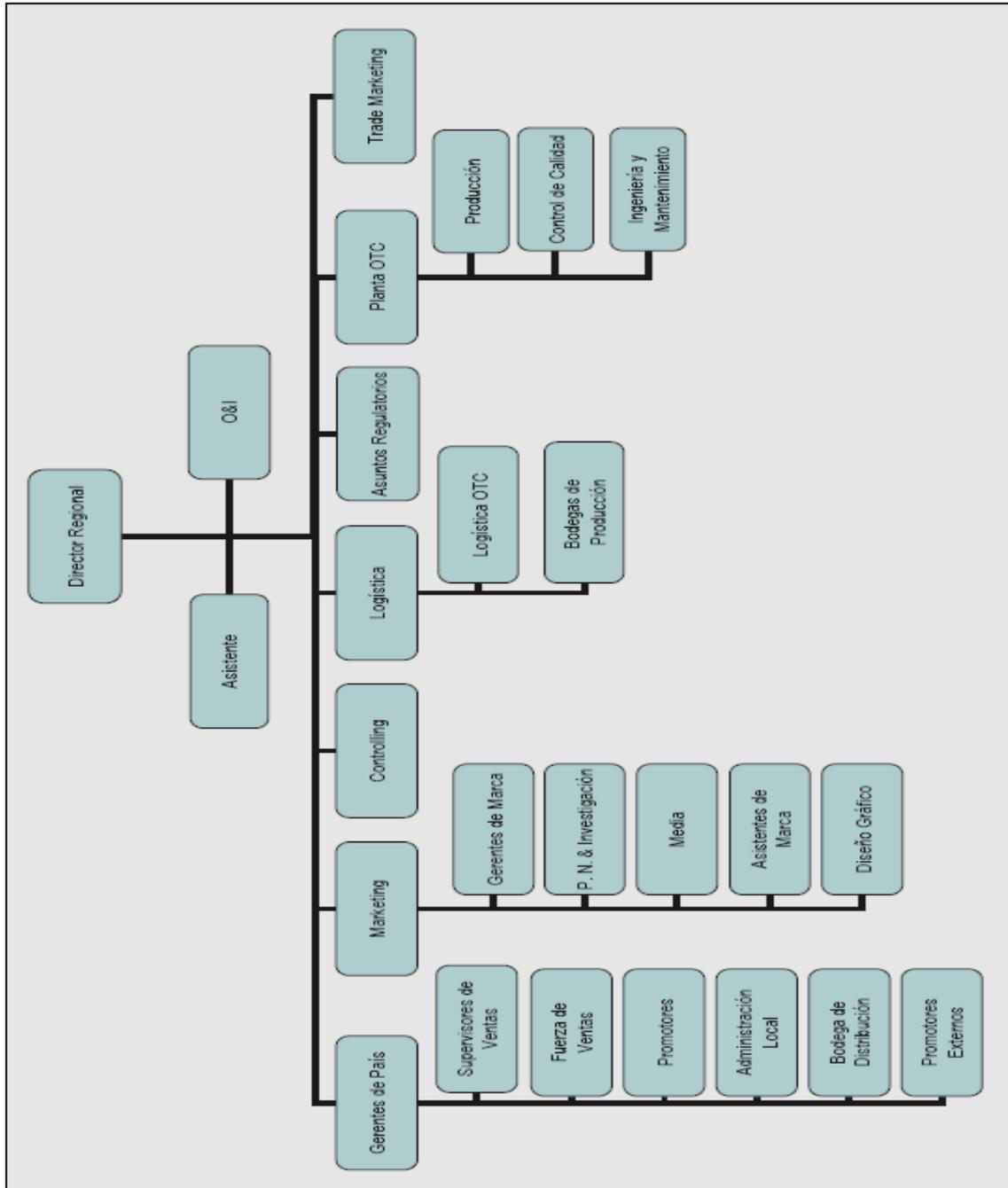
- Eficiencia
 - ✓ Gestionando los recursos con inteligencia.
 - ✓ Centrándose en las actividades que generan valor.
 - ✓ Haciendo las cosas de forma simple y eficaz.
 - ✓ Obteniendo resultados con la rapidez, la calidad y los costos adecuados.
 - ✓ Tomando decisiones de manera rápida y responsable.
 - ✓ Ejecutando las decisiones consecuentemente.
 - ✓ Colaborando en la búsqueda de las mejores soluciones.

1.1.5. Estructura organizacional

Bayer, S.A. es una empresa multinacional por lo que en Guatemala se encuentra una pequeña parte de lo que es Bayer, S.A. en el mundo. La planta de producción que se encuentra en Guatemala es parte de la división *Consumer Care*, una de las divisiones de Bayer, S.A. mundialmente.

La estructura organizacional de la División *Consumer Care* de Bayer, S.A. en Guatemala tiene un tipo de departamentalización funcional, la cual divide a la su estructura en varias unidades o departamentos, en la figura 1 se muestra el organigrama que representa el tipo de organización que se menciona anteriormente.

Figura 1. Organigrama de la división *Consumer Care* de Bayer



Fuente: base de datos de procedimientos internos Bayer, S.A. [Consulta: agosto de 2011].

Una de las unidades o departamentos que es importante conocer en detalle, es el de la planta OTC el cual tiene como función principal la producción de los productos farmacéuticos OTC (productos efervescentes y tabletas estándar), está bajo la dirección de la gerencia de planta y dividido en los siguientes departamentos:

- Producción: en éste se llevan a cabo los procesos para la elaboración de los productos.
- Control de calidad: en éste se realizan los ensayos de control de calidad, para garantizar la calidad de los productos.
- Ingeniería y mantenimiento: en el Departamento de Ingeniería es donde se diseña y programa la remodelación de las áreas e instalación de los equipos para que la planta de producción funcione en óptimas condiciones. El de mantenimiento se encarga que las máquinas de producción funcionen adecuadamente para la producción, aquí es donde se planifica y ejecutan las actividades de mantenimiento preventivo para las máquinas de producción de la empresa.

El clima organizacional que se maneja en la planta de la empresa es agradable para todos los empleados. La empresa busca que los empleados se sientan parte integral de la empresa haciendo que los empleados se identifiquen con la misma, además se les ofrecen buenos incentivos económicos y recreativos para que los empleados se sientan altamente motivados.

Bayer, S.A presenta una rotación de personal muy baja, capacita a su personal periódicamente para mantener un nivel de especialización alto y el personal pueda realizar sus labores con eficiencia. Dentro de la empresa se promueve y existe el compañerismo y trabajo en equipo para lograr los objetivos comunes.

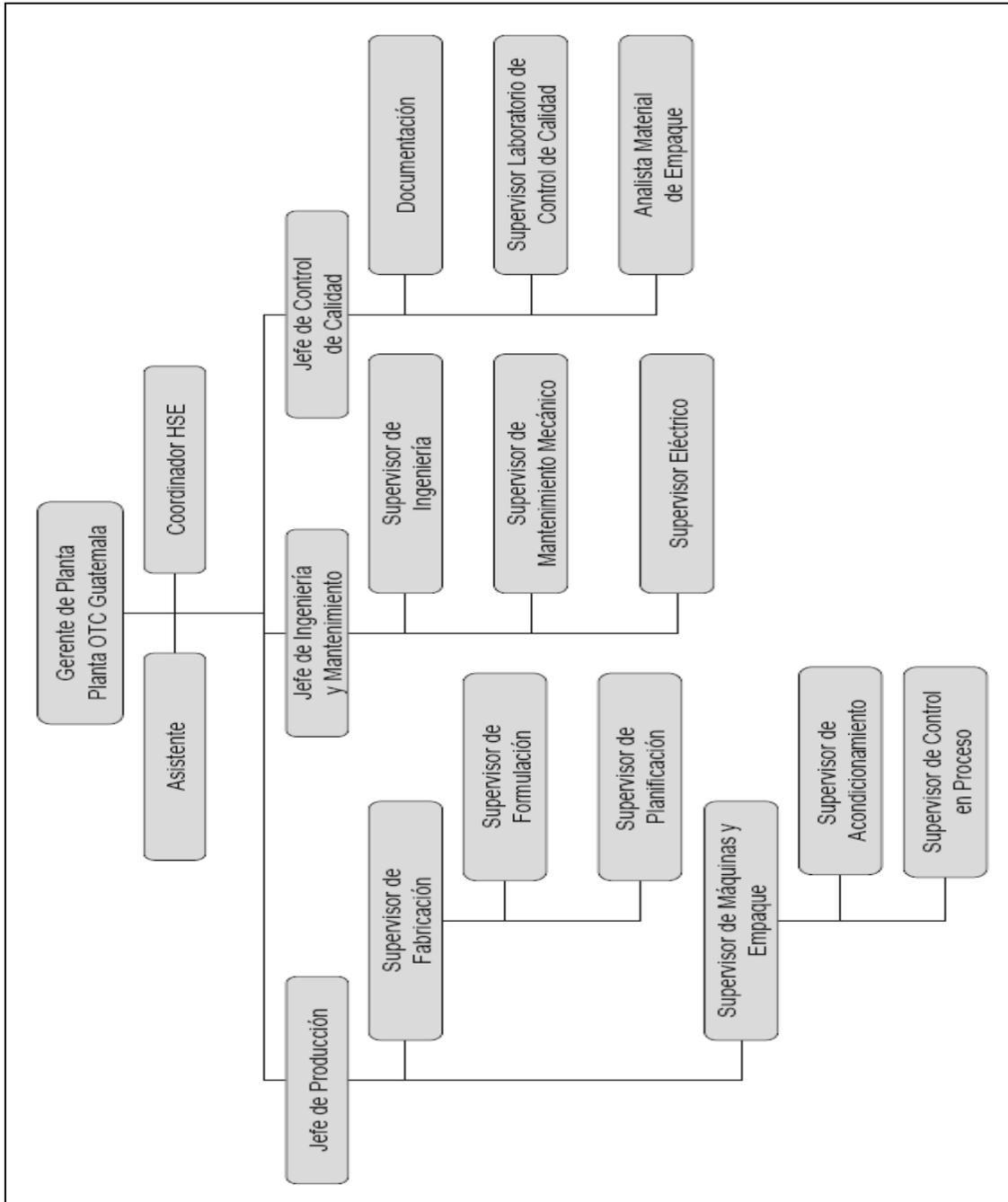
La cultura organizacional se basa en estrictos reglamentos y procedimientos de Buenas Prácticas de Manufactura, de control de calidad, de mediciones de desempeño y de comportamiento. La toma de decisiones se realiza entre dos niveles jerárquicos inmediatos, sin embargo, cuando existen decisiones que puedan afectar a toda la empresa se llega a los niveles más altos de la empresa, tomando las decisiones siempre en conjunto.

La estructura organizacional de Bayer, S.A. cumple con los tres principios básicos para lograr la coordinación entre los departamentos:

- Principio de unidad de mando: en cada uno de los departamentos cada empleado reporta únicamente a un jefe.
- Principio de escalonamiento: la estructura organizacional de la empresa relaciona a cada empleado con un superior inmediato llegando de manera ininterrumpida hasta el nivel más alto de la organización.
- Principio de margen de control: la cantidad de empleados que le reportan a un gerente o jefe es un número limitado.

En la figura 2 que se muestra a continuación se presenta el organigrama de la planta de producción de la empresa.

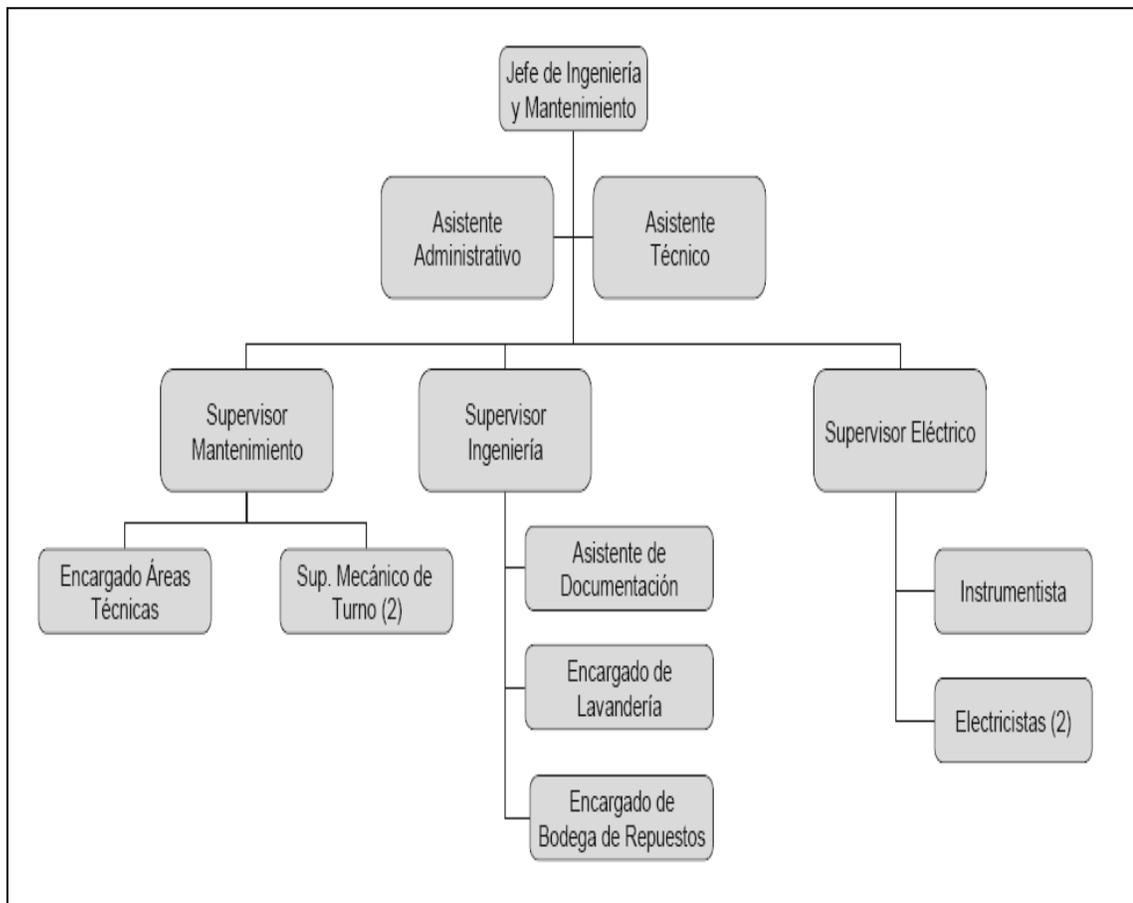
Figura 2. Organigrama de la planta *Consumer Care* en Guatemala



Fuente: base de datos de procedimiento internos de Bayer, S.A. [Consultado: agosto de 2011].

Es importante conocer la estructuración del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, ya que los empleados de éste departamento serán los encargados de poner en práctica los resultados que se obtengan de este documento.

Figura 3. **Organigrama del departamento de ingeniería y mantenimiento**

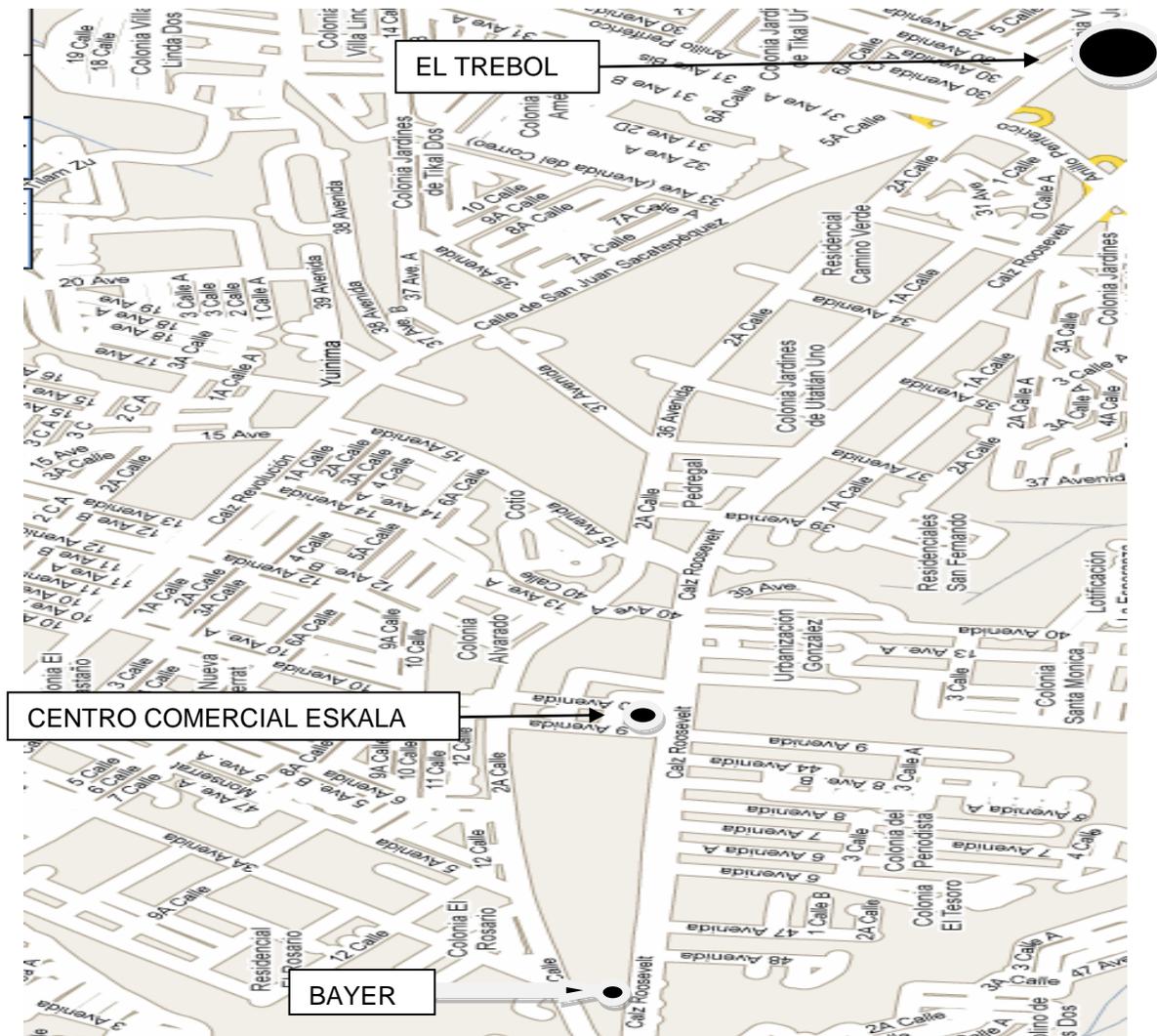


Fuente: base de datos de procedimiento internos de Bayer, S.A.

1.1.6. Ubicación

La planta de producción de la División *Consumer Care* de Bayer, S.A. se encuentra ubicada en el km 14,5 calzada Roosevelt, zona 3 de Mixco y se muestra en la figura 4.

Figura 4. Mapa de ubicación Bayer, S.A. Guatemala



Fuente: elaboración propia con información de Google Earth.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL APLICACIÓN DE LA TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN DE PAROS INESPERADOS

2.1. Situación actual

En la actualidad, Guatemala se encuentra en un período de crisis general, es difícil visualizar y entender la situación de las empresas. Para Bayer, S.A. una empresa transnacional reconocida a nivel mundial y que se encuentra en vías de expansión, se hace necesaria la utilización de herramientas de ingeniería para facilitar el entendimiento de su situación.

2.1.1. Análisis FODA de la empresa

El análisis FODA es una herramienta que se utiliza para generar los insumos necesarios para el desarrollo de la planeación estratégica y ayuda a la identificación de nuevos proyectos de mejora.

A continuación se describen en un listado las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas:

Fortalezas

- F1: Personal calificado para cada actividad.
- F2: Cuenta con equipos adecuados para cada proceso.
- F3: Canales de distribución bien definidos.
- F4: Poder adquisitivo para inversión en nuevos equipos.

- F5: Ambiente laboral agradable.
- F6: Flexibilidad en sus procesos.
- F7: Reconocimiento a nivel nacional e internacional.
- F8: El nivel de ventas se mantiene constante.
- F9: Se cuenta con equipo de ultrasonido y termografía.

Debilidades

- D1: El programa de capacitación para los empleados es aún deficiente.
- D2: Creación actual de un Departamento de Compras lo que hace lentos los procesos de compras.
- D3: Maquinarias que requieren de técnicos especializados para su reparación.
- D4: Maquinaria especializada.
- D5: Tipo de producción intermitente.
- D6: No se utilizan regularmente los equipos para prevención de fallas.

Oportunidades

- O1: Nuevas tecnologías en mantenimiento en el mercado Guatemalteco que permiten analizar maquinarias sin detener la producción.
- O2: Los tratados comerciales Guatemaltecos con otros países permiten un costo moderado en la exportación de nuevos productos.
- O3: Guatemala cuenta con mano de obra de calidad a un costo bajo.
- O4: Las plantas de producción de Bayer, S.A. en otros países no son flexibles en la fabricación de nuevos productos.
- O5: Problemas de relaciones internacionales entre Colombia y Venezuela permitirá que la planta de Guatemala produzca productos para Venezuela que fabricaba anteriormente la planta de Colombia.

Amenazas

- A1: Iniciativa alemana para hacer eficientes los procesos en la planta de la División Consumer Care en México que es la competencia de la planta de Bayer, S.A. en Guatemala.
- A2: Planta de producción de la División Consumer Care de Bayer, S.A. en México que cuenta con una mayor capacidad de producción.
- A3: La calidad de los productos fabricados por otras empresas farmacéuticas mejora en Guatemala.
- A4: Tratados comerciales entre Guatemala y otros países aumenta la competencia en el país.

Tabla I. **Matriz FODA empresa Bayer, S.A. Guatemala**

<p>FACTORES INTERNOS</p> <p style="text-align: right;">FACTORES EXTERNOS</p>	<p>Lista de fortalezas</p>	<p>Lista de debilidades</p>
	<p>F1: Personal calificado para cada actividad. F2: Cuenta con equipos adecuados para cada proceso. F3: Canales de distribución bien definidos. F4: Poder adquisitivo para inversión en nuevos equipos. F5: Ambiente laboral agradable F6: Flexibilidad en sus procesos F7: Reconocimiento a nivel nacional e internacional. F8: El nivel de ventas se mantiene constante. F9: Se cuenta con equipo de ultrasonido y termografía.</p>	<p>D1: El programa de capacitación para los empleados es aún deficiente. D2: Creación actual de un Departamento de Compras lo que hace lentos los procesos de compras. D3: Maquinarias que requieren de técnicos especializados para su reparación. D4: Maquinaria especializada D5: Tipo de producción intermitente. D6: No se utilizan regularmente los equipos para prevención de fallas.</p>
<p>Lista de oportunidades</p>	<p>FO (Maxi - Maxi)</p>	<p>DO (Mini - Maxi)</p>
<p>O1: Nuevas tecnologías en mantenimiento en el mercado Guatemalteco que permiten analizar maquinarias sin detener la producción. O2: Los tratados comerciales Guatemaltecos con otros países permiten un costo moderado en la exportación de nuevos productos. O3: Guatemala cuenta con mano de obra de calidad a un costo bajo. O4: Las plantas de producción de Bayer, S.A. en otros países no son flexibles en la fabricación de nuevos productos. O5: Problemas de relaciones internacionales entre Colombia y Venezuela permitirá que la planta de Guatemala produzca productos para Venezuela que fabricaba anteriormente la planta de Colombia.</p>	<p>1. Aplicar la tecnología termográfica y de ultrasonido al mantenimiento de maquinarias utilizado en la planta de producción. (O1, F1, F4, F9) 2. Mejorar la eficiencia de los procesos productivos para lograr una mayor producción y estar capacitados para exportar productos a nuevos países. (O2, O4, O5, F3, F6)</p>	<p>1. Invertir en la capacitación del personal para reparación de equipos especializados, reduciendo la necesidad de contrataciones de personal internacional que tiene un costo mucho mayor. (O3, D1, D3)</p>
<p>Lista de amenazas</p>	<p>FA (Maxi - Mini)</p>	<p>DA (Mini - Mini)</p>
<p>A1: Iniciativa alemana para hacer eficientes los procesos en la planta de la División <i>Consumer Care</i> en México que es la competencia de la planta de Bayer, S.A. en Guatemala. A2: Planta de producción de la División <i>Consumer Care</i> de Bayer, S.A. en México que cuenta con una mayor capacidad de producción. A3: La calidad de los productos fabricados por otras empresas farmacéuticas mejora en Guatemala. A4: Tratados comerciales entre Guatemala y otros países aumenta la competencia en el país.</p>	<p>1. Mejorar los procesos de cambio de formato. (A2, F2, F6) 2. Fabricación de productos para nuevos países. (A1, A2, F1) 3. Adquisición de nuevas maquinarias para la fabricación de productos nuevos. (A2, F4)</p>	<p>1. Implementar líneas de producción continua. (D5, A2)</p>

Fuente: elaboración propia.

Ahora que se cuenta con la matriz FODA se explica a continuación cada una de las estrategias encontradas:

Estrategia FO, maximizar las fortalezas y maximizar las oportunidades

- Aplicar la tecnología termográfica y de ultrasonido al mantenimiento de maquinarias utilizado en la planta de producción. (O1, F1, F4, F9): al aplicar estas dos tecnologías no solo se fortalecerá la capacidad del personal involucrado, sino también se aprovecharán los recursos tecnológicos con que cuenta la empresa logrando de esta manera analizar maquinarias mientras funcionan y reducir así, los costos por detener la producción.
- Mejorar la eficiencia de los procesos productivos para lograr una mayor producción y estar capacitados para exportar productos a nuevos países. (O2, O4, O5, F3, F6): siendo más eficientes la planta de producción tendrá la capacidad de fabricar una variedad más amplia de productos y en mayores cantidades que actualmente, se pueden aprovechar los tratados comerciales que posee Guatemala con otros países y podrán exportarse productos como por ejemplo, Venezuela, país para el cual la planta de Bayer, S.A. en Colombia produce grandes cantidades de Aspirina y por los problemas que tienen actualmente estos dos países puede darse la fabricación de este producto a la planta de Guatemala.

Estrategia FA, maximizar las fortalezas y minimizar las amenazas

- Mejorar los procesos de cambio de formato. (A2, F2, F6): al mejorar los procesos de cambios de formato por medio del uso de herramientas adecuadas y un análisis adecuado, se podrá mejorar la flexibilidad de la planta ya que se reduciría el tiempo en que se cambia el formato en una línea de producción. Además, se reducirá la posibilidad de que la planta de Bayer, S.A. en Guatemala sea absorbida por la planta de Bayer, S.A. en México que posee una capacidad de producción mucho mayor, pero no cuenta con una gran flexibilidad.
- Fabricación de productos para nuevos países. (A1, A2, F1): ya que se cuenta con personal calificado para cada área, la capacidad de la planta para absorber la fabricación de un nuevo producto es bastante buena, lográndolo en un tiempo corto. Al contar con la fabricación de nuevos productos se asegura la estabilidad de la planta en Guatemala.
- Adquisición de nuevas maquinarias para la fabricación de productos nuevos. (A2, F4): la empresa cuenta con un poder adquisitivo bastante amplio y pueden comprarse nuevas maquinarias para la fabricación de una variedad más amplia de productos.

Estrategia DO, minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades

- Invertir en la capacitación del personal para reparación de equipos especializados, reduciendo la necesidad de contrataciones de personal internacional que tiene un costo mucho mayor. (O3, D1, D3): los costos por la contratación de técnicos internacionales para la reparación de maquinaria es bastante alto y en Guatemala ya se cuenta con la capacidad para capacitar a los empleados en la reparación de sistemas especializados.

Estrategia DO, minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades

- Implementar líneas de producción continua. (D5, A2): con la implementación de líneas de producción continuas se podrían fabricar mayores cantidades de los productos de mayor demanda para la planta y se continuaría siendo flexibles al mismo tiempo.

2.1.2. Aplicación actual del equipo termográfico

El equipo termográfico al igual que el de ultrasonido no está siendo utilizado en la prevención de fallos, por lo que, no se cuenta con una auditoria de termografía dentro del plan de mantenimiento eléctrico del departamento.

El personal eléctrico con el que cuenta la empresa no ha sido capacitado en el uso de esta tecnología, por lo que, sólo el ingeniero jefe de eléctricos es apto para esta tarea lo que hace complicada una auditoria periódica de termografía.

El equipo ha sido utilizado para la verificación de algunas temperaturas en rodamientos del compresor principal y en algunos circuitos eléctricos de maquinaria.

2.1.3. Aplicación actual del equipo de ultrasonido

Actualmente, en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento de la División *Consumer Care* de Bayer, el equipo es utilizado como apoyo en el mantenimiento preventivo sin ser este incluido al plan de mantenimiento. Por esta razón no existe una periodicidad en el uso de este equipo, desaprovechando de esta manera el recurso.

El equipo ha sido utilizado para la comprobación de rodamientos del compresor y en trampas de vapor de las áreas técnicas de la empresa. Uno de los problemas observados es que no se le ha dado capacitación sobre la utilización del equipo de ultrasonido al mecánico encargado de las áreas técnicas (estas áreas se encuentran fuera del área de producción), por lo tanto, el equipo solo es utilizado en caso de fallos y no como prevención de los mismos.

2.1.4. Mantenimiento aplicado actualmente en la empresa

Actualmente, en la empresa se utiliza un sistema de mantenimiento preventivo, efectuando mantenimientos programados trimestrales y semestrales, dependiendo del equipo que se trate.

Se efectúan dos mantenimientos mayores al año, estos incluyen el cambio de cojinetes, piezas desgastadas, engrase general, limpieza de toda la maquinaria, reparación de infraestructura, mantenimiento a equipos de aire acondicionado y manejadoras de aire, limpieza de compresores, limpieza y mantenimiento del sistema de vapor y así todas las maquinarias de la planta de producción. Este mantenimiento se realiza parando la planta de producción.

Los mantenimientos trimestrales incluyen el engrase de algunos de los equipos de la planta, limpieza de la maquinaria. Este mantenimiento regularmente se hace sin parar la producción.

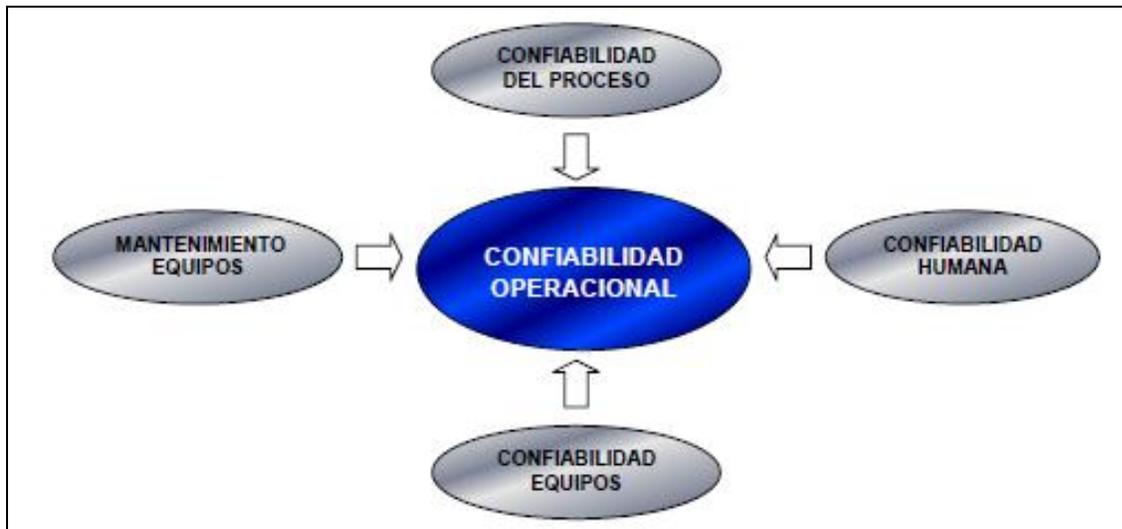
2.1.5. Análisis de criticidad

Debido al gran número de equipos que operan en la planta de producción Bayer, es necesario establecer hacia que equipos se deben dirigir todos los esfuerzos y metodologías de mantenimiento para atender las áreas o subsistemas más críticos.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

El mejoramiento de la Confiabilidad Operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad del proceso, confiabilidad humana, confiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Aspectos de la confiabilidad operacional



Fuente: <<http://www.scribd.com/doc/62065577/CRITICIDAD-CA>>. [Consulta: septiembre de 2010].

Lamentablemente, se dispone de recursos limitados, tanto económicos como humanos, para mejorar estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa.

2.1.5.1. Objetivo del análisis de criticidad

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para:

- Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento
- Priorizar proyectos de inversión
- Diseñar políticas de mantenimiento
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte.

Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos: mantenimiento, inspección, materiales, disponibilidad de planta y personal.

2.1.5.2. Pasos para desarrollar un análisis de criticidad

Como primer paso en el análisis de criticidad es necesario crear un listado de las maquinarias con las que cuenta la planta de producción, incluyendo maquinaria dentro de la planta y todos los equipos que proporcionan los suministros a la planta.

La planta de producción de la empresa Bayer, S.A. cuenta con casi 180 equipos funcionando actualmente. Dentro de este gran número de equipos, fueron seleccionados 32 que son los más importantes dentro del proceso de producción, de acuerdo al criterio de la gerencia del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, ya que realizar el estudio de criticidad a los casi 180 equipos, sería demasiado extenso.

Los equipos que se incluyeron dentro del estudio del análisis de criticidad, fueron escogidos bajo la supervisión de ingenieros de producción y mantenimiento.

Tabla II. Listado de equipos para análisis de criticidad

No.	EQUIPO	No. EQUIPO
1	Cartonadora 3m ima c62	P-CAR-IMA-01
2	Cartonadora promatic pak320	P-CAR-PAK-01
3	Horno de cama fluida fitz-mill	P-HCA-FIT-01
4	Horno de cama fluida glatt	P-HCA-GLT-01
5	Planta de agua purificada letzner	P-PAG-LTZ-01
6	Selladora ima c62	P-SEL-IMA-01
7	Selladora noack n920	P-SEL-N920-01
8	Selladora siebler hm 90/528	P-SEL-SIE-01
9	Selladora siebler hm 1/500	P-SEL-SIE-02
10	Selladora utila pac no. 1	P-SEL-UT1-01
11	Selladora utila pac no. 2	P-SEL-UT2-01
12	Selladora wolkogon dbr-60	P-SEL-WOL-01
13	Tableteadora fette 3090i	P-TAB-FET-01
14	Tableteadora kilian lx 19d no. 1	P-TAB-LX1-01
15	Tableteadora kilian lx 19d no. 2	P-TAB-LX2-01
16	Tableteadora kilian rx 41s	P-TAB-RX41-01
17	Tableteadora kilian rx 45	P-TAB-RX45-01
18	Tableteadora kilian s250 plus	P-TAB-S250-01
19	Tableteadora kilian tx 26d	P-TAB-TX26-01
20	Tableteadora kilian tx 40	P-TAB-TX40-01
21	Hvac aire fresco de áreas de producción	T-AHU-AFP-01
22	Dehumidificador cargo caire efervescente	T-AHU-CCA-01
23	Dehumidificador cargo caire estándar	T-AHU-CCA-02
24	Bomba térmica de condensado	T-BOM-TER-01
25	Caldera york shipley no. 1	T-CAL-CYS-01
26	Caldera york shipley no. 2	T-CAL-CYS-02
27	Chiller de tornillo	T-CHI-YOR-01
28	Líneas de condensado	T-CND-LIN-01
29	Compresor atlas copco	T-COM-ATL-01
30	Compresor ingersoll rand	T-COM-INR-01
31	Líneas de aire comprimido	T-COM-LIN-01
32	Líneas de vapor	T-VAP-LIN-01

Fuente: base de datos MP2, de la empresa Bayer, S.A. agosto 2010.

Ya que se cuenta con el listado de los equipos seleccionados para el análisis de criticidad, el siguiente paso es definir el alcance y objetivo del estudio, esta herramienta se hace vital a la hora de priorizar órdenes de trabajo y proyectos de inversión, ya que el número de equipos que se encuentran funcionando es muy grande como para implementar una política o estrategia de mantenimiento en tan poco tiempo (6 meses).

La elaboración del estudio de análisis de criticidad se realizó a partir de un formato para recopilación de información que permite recoger la información de parte de los ingenieros, técnicos y operarios de la planta, ya que no se ha implementado aún, un programa de mantenimiento que permita recolectar este tipo de información.

El objetivo que se definió para el análisis de criticidad de esta planta es priorizar los equipos en los cuales se han tenido problemas y que están generando costos por mantenimiento correctivo. El alcance del análisis conlleva los equipos y sistemas de suministros de la planta de producción.

Ahora que se cuenta con el objetivo y alcance del análisis de criticidad, es necesario definir a las personas idóneas para que llenen el formato para recopilación de información, esto para generar el análisis de criticidad.

La mejor manera de lograr un análisis de criticidad que sea congruente con todas las áreas de la planta, es necesario entrevistar a por lo menos una persona de cada uno de los s de la misma.

Los departamentos involucrados en este tipo de análisis deben ser el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento y el Departamento de Producción de la planta.

A continuación se describen las personas que se utilizan para realizar el análisis de criticidad:

- Gerente del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento
- Jefe de mantenimiento
- Supervisor de mecánicos
- Mecánico
- Jefe de producción
- Operario de maquinaria
- Jefe de electrónica y electricidad

Con el propósito de alcanzar un consenso entre cada una de las personas designadas para llenar el formato para recopilación de información para el análisis de criticidad y reducir el tiempo para la elaboración de este análisis, se convoca a una reunión en la que participen todas las partes anteriormente mencionadas.

En esta reunión se realiza la presentación completa del tema donde se explica la metodología, los objetivos, el alcance y la importancia que tienen los resultados del análisis para el proyecto.

Ahora que se ha involucrado al personal que colaborará con el análisis de criticidad, se proporciona el formato para recopilación de información que debe ser respondido para este estudio, el cual se muestra en la figura 6.

Figura 6. Formato para recopilación de información para análisis de criticidad

No.	EQUIPO	No. EQUIPO	Seguridad y Salud	Medio Ambiente	Calidad y Productividad	Producción	Tiempos Operacionales	Frecuencia de Fallas	Tiempos y Costos de reparación	CRITICIDAD
1	Cartonadora 3m ima c62	P-CAR-IMA-01								
2	Cartonadora promatic pak320	P-CAR-PAK-01								
3	Horno de carne fluida fitz-mill	P-HCA-FIT-01								
4	Horno de carne fluida glatt	P-HCA-GLT-01								
5	Planta de agua purificada letzner	P-PAG-LTZ-01								
6	Selladora ima c62	P-SEL-IMA-01								
7	Selladora noack n920	P-SEL-N920-01								
8	Selladora siebler hm 90/528	P-SEL-SIE-01								
9	Selladora siebler hm 1/500	P-SEL-SIE-02								
10	Selladora utilia pac no. 1	P-SEL-UT1-01								
11	Selladora utilia pac no. 2	P-SEL-UT2-01								
12	Selladora wolkogon dbr-60	P-SEL-WOL-01								
13	Tableteadora fette 3090j	P-TAB-FET-01								
14	Tableteadora kilian lx 19d no. 1	P-TAB-LX1-01								
15	Tableteadora kilian lx 19d no. 2	P-TAB-LX2-01								
16	Tableteadora kilian rx 41s	P-TAB-RX41-01								
17	Tableteadora kilian rx 45	P-TAB-RX45-01								
18	Tableteadora kilian s250 plus	P-TAB-S250-01								
19	Tableteadora kilian tx 26d	P-TAB-TX26-01								
20	Tableteadora kilian tx 40	P-TAB-TX40-01								
21	Hvac aire fresco de areas de produccion	T-AHU-AFP-01								
22	Dehumidificador cargo caire etenescente	T-AHU-CCA-01								
23	Dehumidificador cargo caire estandar	T-AHU-CCA-02								
24	Bomba termica de condensado	T-BOM-TER-01								
25	Caldera york shiplay no. 1	T-CAL-CYS-01								
26	Caldera york shiplay no. 2	T-CAL-CYS-02								
27	Chiller de tornillo	T-CHI-YOR-01								
28	Lineas de condensado	T-CND-LIN-01								
29	Compresor atlas copco	T-COM-ATL-01								
30	Compresor ingersoll rand	T-COM-INR-01								
31	Lineas de aire comprimido	T-COM-LIN-01								
32	Lineas de vapor	T-VAP-LIN-01								

Fuente: elaboración propia.

Para poder responder el formato de recopilación de información para análisis de criticidad es necesario contar con una matriz de criticidad figura 7.

Figura 7. **Matriz de criticidad**

MATRIZ DE CRITICIDAD			
Causa de paradas no planificadas			
Área de impacto	A Riesgo alto	B Riesgo medio	C Riesgo bajo
Seguridad y salud	alto riesgo de vida del personal	riesgo de vida significativo para el personal	no presenta ningún riesgo para el personal
	alto riesgo de pérdidas de material daños graves en la salud del personal	daños menores en la salud del personal	
Ambiente	derrames y fugas: con altos excedentes de límites permitidos	derrames y fugas: emisiones excedentes a los límites permitidos	derrames y fugas: emisión normal y dentro de los límites permitidos
Calidad y productividad	defectos de producción	pequeñas variaciones en la calidad y velocidad de la producción	no afecta a la producción
	disminución de velocidad reducción de producción		
Producción	para todo el proceso	para una parte del proceso	no afecta a la producción
Operación de equipos			
Área de impacto	A Riesgo alto	B Riesgo medio	C Riesgo bajo
Tiempos operacionales	trabaja 24 horas	trabaja dos turnos o períodos normales de 8 horas	equipo utilizado casualmente o no interviene en la producción
Frecuencia de fallas	menos de 6 meses	promedio una vez al año	raramente
Tiempos y costos de reparación	tiempo o costo alto de reparación	tiempos o costos de reparación aceptables	tiempos o costo de reparación sin importancia

Fuente: <<http://www.scribd.com/doc/60544366/3-Presentacion-MatrizCriticidad>> [Consulta: agosto de 2010].

La matriz de criticidad es una tabla en la cual, se clasifica el tipo de riesgo que se tiene con cada maquinaria o equipo con base a dos aspectos: causa de paradas no planificadas y operación de equipos, que en conjunto forman siete áreas de impacto que son la base del análisis de criticidad.

Los riesgos que se ven en la matriz de criticidad son tres:

- Alto
- Medio
- Bajo

Estos sirven para clasificar a cada una de las maquinarias y equipos que se escogieron para el análisis de criticidad.

Las siete áreas de impacto que se analizan son las siguientes:

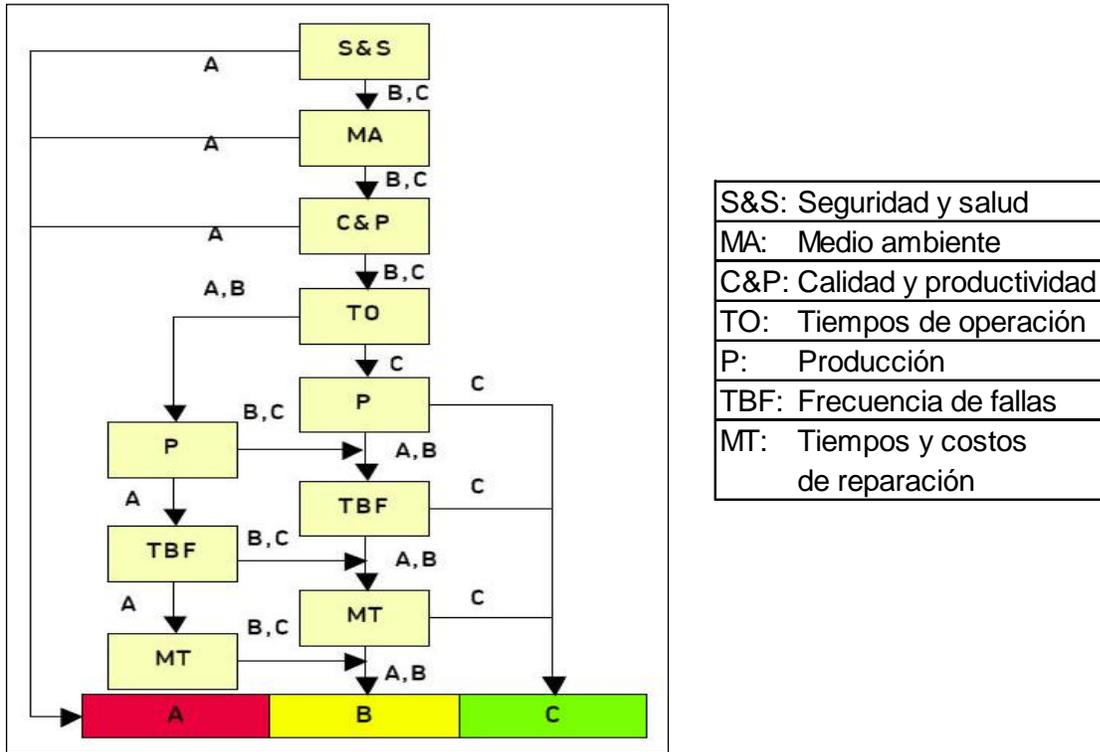
- Causa de paradas no planificada:
 - ✓ Seguridad y salud: representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda o no resultar lesionada.
 - ✓ Ambiente: representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones.
 - ✓ Calidad y productividad: representa el impacto que un fallo tiene sobre la calidad de los productos que se fabrican y la eficiencia que se perdería por este fallo.

- ✓ Producción: representa el impacto que un fallo tendría sobre los procesos de producción.
- Operación de equipos:
 - ✓ Tiempos operacionales: representa el tiempo que por día el equipo o maquinaria está en funcionamiento.
 - ✓ Frecuencia de fallas: representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un período de un año.
 - ✓ Tiempos y costos de reparación: representa el tiempo y costo de la reparación de una maquinaria o equipo desde el momento que deja de realizar sus funciones, hasta que son restituidas en su totalidad.

Con la matriz de criticidad y el formato para recopilación de información de análisis de criticidad el personal contará con los parámetros sobre los cuales se debe analizar cada una de las maquinarias y equipos escogidos.

Luego de recopilar los datos del formato para recopilación de información, se procede a realizar el análisis de los mismos con base al flujograma de criticidad, figura 8.

Figura 8. **Flujograma de criticidad SKF**



Fuente: <<http://www.scribd.com/doc/60544366/3-Presentacion-MatrizCriticidad>> [Consulta: agosto de 2010].

Para utilizar este flujograma se hace de una manera muy sencilla, ya que se tiene el formato para recopilación de información completado, se tiene la clasificación de los riesgos A, B, C, y se sigue el flujograma de arriba hacia abajo, al llegar al final de flujograma, este dará el tipo de riesgo que representa el equipo o maquinaria.

La figura 9 muestra los resultados que se obtuvieron del análisis de criticidad realizado en la planta de producción de Bayer, S.A. en Guatemala, también se muestran de manera gráfica los equipos que resultaron como los más críticos en este momento para la empresa, figura 10.

Figura 9. Resultados de análisis de criticidad

No.	Equipo	No. equipo	Seguridad y salud	Ambiente	Calidad y productividad	Producción	Tiempos operacionales	Frecuencia de fallas	Tiempos y costos de reparación	Criticidad
22	Deshumidificador cargo caire etefescente	T-AHU-CCA-01	C	C	A	A	A	B	C	A
23	Deshumidificador cargo caire estándar	T-AHU-CCA-02	C	C	A	A	A	B	C	A
31	Lineas de aire comprimido	T-COM-LIN-01	C	C	A	B	A	A	C	A
32	Lineas de vapor	T-VAP-LIN-01	B	C	A	B	A	B	B	A
7	Selladora noack n920	P-SEL-N920-01	C	C	A	B	A	A	A	A
3	Horno de cama fluida fitz-mill	P-HCA-FT-01	C	C	B	B	B	B	A	B
8	Selladora siebler hm 90/528	P-SEL-SIE-01	C	C	B	B	A	C	B	B
16	Tableteadora kilian rx 41s	P-TAB-RX41-01	C	C	B	B	A	B	A	B
17	Tableteadora kilian rx 45	P-TAB-RX45-01	C	C	B	B	A	B	A	B
24	Bomba térmica de condensado	T-BOM-TER-01	C	C	C	C	A	B	B	B
25	Caldera york shipley no. 1	T-CAL-CYS-01	B	B	C	B	A	C	B	B
27	Chiller de tornillo	T-CHY-YOR-01	C	C	C	A	A	B	A	B
1	Cartonadora 3m ima c62	P-CAR-IMA-01	C	C	B	B	B	C	C	C
2	Cartonadora promatic pak320	P-CAR-PAK-01	C	C	B	B	A	C	C	C
4	Horno de cama fluida glatt	P-HCA-GLT-01	C	C	B	B	C	C	B	C
5	Planta de agua purificada letzner	P-PAG-LTZ-01	C	C	C	C	B	C	A	C
6	Selladora ima c62	P-SEL-IMA-01	C	C	B	B	B	C	B	C
9	Selladora siebler hm 1/500	P-SEL-SIE-02	C	C	B	B	B	C	B	C
10	Selladora utilia pac no. 1	P-SEL-UT1-01	C	C	B	B	B	C	C	C
11	Selladora utilia pac no. 2	P-SEL-UT2-01	C	C	B	B	B	C	C	C
12	Selladora wolkogon dbr-60	P-SEL-WOL-01	C	C	B	B	C	C	C	C
13	Tableteadora fette 3090j	P-TAB-FET-01	C	C	B	B	B	C	B	C
14	Tableteadora kilian lx 19d no. 1	P-TAB-LX1-01	C	C	B	B	B	C	B	C
15	Tableteadora kilian lx 19d no. 2	P-TAB-LX2-01	C	C	B	B	B	C	B	C
18	Tableteadora kilian s250 plus	P-TAB-S250-01	C	C	B	B	C	C	B	C
19	Tableteadora kilian tx 26d	P-TAB-TX26-01	C	C	B	B	B	C	B	C
20	Tableteadora kilian tx 40	P-TAB-TX40-01	C	C	B	B	B	C	B	C
21	Hvac aire fresco de áreas de producción	T-AHU-AFP-01	C	C	C	B	A	C	C	C
26	Caldera york shipley no. 2	T-CAL-CYS-02	B	B	C	B	C	C	B	C
28	Lineas de condensado	T-CND-LIN-01	B	C	C	C	A	B	C	C
29	Compresor atlas copco	T-COM-ATL-01	C	C	B	B	A	C	C	C
30	Compresor ingersoll rand	T-COM-INR-01	C	C	B	B	B	C	C	C

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Resultado gráfico de equipos críticos



Fuente: elaboración propia.

Los resultados del análisis de criticidad clasifican ahora, los equipos de alto, medio y bajo riesgo para la plata de producción. Esto indica que, este o cualquier proyecto de mejora, debe ser destinado a mejorar el mantenimiento de las maquinarias o sistemas que se clasifican como un riesgo alto o medio.

Los equipos con un riesgo alto y medio se muestran en la tabla III.

Tabla III. **Equipos clasificados como equipos de riesgo alto**

Equipos con riesgo alto y medio	
Equipo	Riesgo
Dehumidificador cargo caire efervescente	Alto
Dehumidificador cargo caire estándar	Alto
Líneas de aire comprimido	Alto
Líneas de vapor	Alto
Selladora noack n920	Alto
Horno de cama fluida fitz-mill	Medio
Selladora siebler hm 90/528	Medio
Tableteadora kilian rx 41s	Medio
Tableteadora kilian rx 45	Medio
Bomba térmica de condensado	Medio
Caldera york shipley no. 1	Medio
Chiller de tornillo	Medio

Fuente: elaboración propia.

2.2. Propuesta

En Bayer, S.A. se cuenta con equipo para realizar análisis ultrasónico y termográfico, esto proporciona una gran oportunidad para implementar el uso de estos equipos en la prevención de paros inesperados por fallas en maquinaria.

En las páginas siguientes se muestra el marco conceptual y la manera de aplicar la termografía y el ultrasonido para la prevención de paros inesperados por fallas en maquinaria.

2.2.1. Ensayos no destructivos

Los métodos de ensayos no destructivos (END) permiten obtener información de piezas o partes de una estructura metálica o no metálica, sin alterar sus condiciones de utilización o aptitud de servicio; es decir no provocan daños en el material, ni perjudican o interfieren con el uso futuro de las piezas o partes inspeccionadas.

Los métodos de END se aplican en diferentes etapas del proceso productivo, pudiendo ser estas, el control de materia prima, durante el proceso de fabricación, así como en el ensayo final del producto y control en servicio.

2.2.1.1. Clasificación de los ensayos no destructivos

Se pueden establecer distintas clasificaciones de los métodos de END según sus fundamentos, aplicaciones o su estado actual de desarrollo.

Según sus fundamentos se basan esencialmente en las aplicaciones de uno o varios de los siguientes fenómenos físicos:

- Ondas electromagnéticas (comprendiendo fenómenos basados en las propiedades eléctricas o magnéticas de las muestras).
- Ondas elásticas o acústicas.
- Emisión de partículas subatómicas.

- Otros fenómenos, tales como los de capilaridad, estanqueidad, absorción, etcétera.

Según sus aplicaciones los métodos de END permiten realizar estudios de defectos, hacer mediciones y caracterizar materiales.

- Defectología: detección, ubicación y evaluación de: heterogeneidades, discontinuidades, impurezas, corrosión, fugas; puntos calientes, etcétera.
- Metrología: medición del espesores de material base de ambos lados y de un solo lado, de recubrimientos, de dureza, controles de nivel, etcetera.
- Caracterización de materiales: determinación de características físicas, mecánicas y químicas.

Según el estado actual del desarrollo se pueden clasificar los métodos de END en:

- Métodos convencionales de END: son aquellos que debido al desarrollo actual de los equipos y técnicas operatorias, permiten seguir el ritmo de la producción, proporcionan un registro permanente y permiten la automatización del proceso de inspección. Son los que comúnmente se utilizan en la industria.

Dentro de esta categoría, se distinguen los métodos capaces de proporcionar una amplia gama de aplicaciones, de los que si bien son altamente desarrollados, solo se limitan a aplicaciones particulares o son modificaciones de los convencionales para mejorarlos en aplicaciones particulares.

- Métodos nuevos o no convencionales de END: son aquellos de reciente introducción o en período actual de desarrollo o aquellos que no tienen una utilización generalizada. El desarrollo acelerado de estos métodos nuevos ha sido principalmente por los avances tecnológicos en los campos aeroespacial y nuclear, en los que se requiere un severo control de calidad en los materiales.

Los siguientes se pueden considerar como métodos de END convencionales:

Radiografía Industrial (RI)

Ultrasonidos (US)

Líquidos Penetrantes (LP)

Partículas Magnetizables (PM)

Corrientes Inducidas (CI)

Visual (EV)

Los siguientes se pueden considerar como métodos de END no convencionales:

Fuga

Termografía

Espectroscopia ultrasónica

Emisión acústica

Radiografía neutrónica

Tensiones residuales

Otros

2.2.1.2. Resumen sobre ensayos no destructivos

A manera de resumen del tema anterior se pueden mencionar los siguientes puntos:

- En su aplicación se utilizan las propiedades físicas y fisicoquímicas de los materiales y sus correlaciones con los distintos campos de energía.
- Cada método es de aplicación específica para un determinado tipo de problema o material.
- Cada método se puede aplicar según distintas técnicas, con determinado alcance y limitaciones.
- En la generalidad de los casos, la información se recibe a través de indicaciones que se pueden relacionar con discontinuidades, variaciones estructurales, dimensiones, etcétera.

- Para la aplicación de cada método, se requiere de calibraciones específicas con base a patrones o elementos de referencia, con el fin de evaluar las indicaciones obtenidas y referenciarlas a un umbral de detección. Este umbral generalmente se designa como sensibilidad de ensayo.
- La aplicación de cualquier método de ensayo no destructivo requiere siempre de un procedimiento escrito.
- En la aplicación de estos métodos, siempre se deben tener en cuenta parámetros tales como material, proceso de fabricación, tipo de defectología o información buscada, etcétera, a manera de desarrollar un procedimiento escrito que permita asegurar que la técnica utilizada es adecuada a los fines perseguidos.
- Para la implementación del procedimiento se requiere de equipamiento específico y personal calificado y certificado, es decir, que tenga buena formación teórica - práctica y experiencia.

2.2.2. Mantenimiento predictivo

Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etcétera. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etcétera.

Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos por medio de termografía, ultrasonido, etcétera.

2.2.2.1. Ventajas del mantenimiento predictivo

Existen varias ventajas al utilizar el mantenimiento predictivo en la empresa de las cuales se mencionan algunas a continuación:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.

- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

2.2.3. Aplicación de termografía y ultrasonido para la prevención de fallas en maquinaria

Como se ha mencionado en los últimos dos temas la termografía y ultrasonido son parte de los ensayos no destructivos y estos a su vez pueden ser utilizados para la creación de un plan de mantenimiento predictivo, que dará como resultado, una reducción en los paros inesperados en la planta de producción de la división *Consumer Care* de Bayer, S.A. en Guatemala.

Esto proporciona una reducción en los costos por detener la planta de producción sin planificarlo.

Para conocer la aplicación que se le puede dar a la termografía y el ultrasonido en la prevención de fallas en maquinaria, es necesario profundizar un poco en cada uno de estos dos métodos de análisis.

2.2.3.1. Termografía

Se busca por medio del análisis de termografía la detección de posibles fallas y errores tanto en la parte mecánica como eléctrica y electrónica de la planta.

Tomando en cuenta la temperatura del material a diferentes intervalos de tiempo y de estado de producción, para lo cual se utiliza la cámara termográfica FLUKE Ti-10.

Mediante el empleo de termografía infrarroja, técnica que permite medir una temperatura de superficie con precisión, se pueden identificar componentes eléctricos y mecánicos más calientes de lo que deberían estar o detectar pérdidas excesivas de calor: indicios de aislaciones deficientes o inadecuadas.

Asimismo, se logra una reducción de los tiempos de parada de un equipo, al minimizar la probabilidad de detenciones imprevistas o no programadas.

Es decir, basándose en la predicción del estado del equipo, de las instalaciones, etcétera, realizar el mantenimiento preventivo de manera programada.

Esta técnica permite detectar, sin contacto físico con el elemento bajo análisis, cualquier falla que se manifieste un cambio de la temperatura sobre la base de medir los niveles de radiación dentro del espectro infrarrojo.

La termografía infrarroja juega un rol cada vez más importante en el mantenimiento. Esta técnica de producir imágenes a partir de la radiación térmica que emiten los objetos, sirve a los encargados de realizar las tareas de mantenimiento en dos aspectos:

- Es un medio que, sin contacto alguno, permite identificar componentes eléctricos y mecánicos más calientes de lo que deberían estar. En general, una falla electromecánica antes de producirse se manifiesta generando e intercambiando calor. Este calor se traduce habitualmente en una elevación de temperatura que puede ser súbita, pero, por lo general y dependiendo del objeto, la temperatura comienza a manifestar pequeñas variaciones e indica también pérdidas excesivas de calor que usualmente son síntomas de aislamiento defectuosa o inadecuada.
- Su empleo proporciona una reducción en los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de detenciones imprevistas o no programadas, gracias al aporte que brinda en cuanto a la planificación de las reparaciones programadas y el mantenimiento.

En cuanto a la reducción de costos, el empleo de esta tecnología consigue ahorros en energía eléctrica, una protección adecuada de equipos valiosos, velocidad de inspección y diagnóstico y lo más importante: evita las pérdidas de producción ocasionadas por paradas imprevistas.

Es un error pensar que la termografía se debe realizar cuando surgen los problemas en algún tablero o alguna máquina. Las mediciones se deben realizar periódicamente, de acuerdo con el plan de mantenimiento predictivo, con el fin de localizar los desperfectos y corregirlos antes de que estos produzcan una parada inesperada y lógicamente evitar todos los inconvenientes aparejados.

Por otro lado, mientras más frecuente se realicen las mediciones, más eficiente será el control del predictivo. Un intervalo normal para mediciones termográficas es cada 6 meses, pero depende de la instalación, la complejidad de los equipos en cuestión y la probabilidad de falla y el peligro potencial en juego como se indica seguidamente:

- Una forma de definir los intervalos de inspección es determinando el grado de criticidad de la máquina, es decir, evaluar cuán grande es el daño que ocasiona la parada de una máquina o la salida de servicio de algún equipo.
- La experiencia indica que, para máquinas o equipos muy críticos como pueden ser los equipos de una subestación transformadora, resulta conveniente inspeccionar cada cuatro meses y para equipos no tan críticos se recomienda una inspección cada seis meses.

En el proceso de inspección termográfica es posible definir, en general, las siguientes etapas:

- Planificación de la inspección en los períodos de máxima demanda.
- Evaluación y clasificación de los calentamientos detectados.
- Emisión de informes, con identificación de las fallas y el grado de urgencia para su reparación.
- Seguimiento de la reparación.

- Revisión termográfica para evaluar la efectividad del mantenimiento correctivo realizado.

En la parte 2.2.9.10 se puede encontrar de manera más detallada el procedimiento que debe llevarse a cabo para realizar un análisis termográfico.

En la tabla IV se muestra un listado de las áreas de aplicaciones que se le puede dar a la termografía en la prevención de fallas en maquinaria.

Tabla IV. **Áreas de aplicación de termografía**

AREAS DE APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA	
No.	Área de aplicación
1	Instalaciones eléctricas en general
2	Indentado de cables
3	Conexiones
4	Cables-empalme de cables
5	Conductos de barras
6	Líneas de baja, media y alta tensión
7	Transformadores de potencia
8	Transformadores de corriente
9	Transformadores de tensión
10	Fusibles
11	Seccionadores
12	Interruptores
13	Excitatrices de generadores y motores – escobillas
14	Instalaciones mecánicas – reductores
15	Análisis de múltiples de escape en motores de combustión interna
16	Pérdidas en condensadores
17	Aislaciones y refractarios
18	Hornos y calderas
19	Instalaciones frigoríficas-pérdidas de frío
20	Máquinas rotativas
21	Líneas de vapor
22	Reactores
23	Rodamientos
24	Capacitores
25	Motores eléctricos
26	Hornos de cemento
27	Bombas de agua
28	Intercambiadores de calor
29	Torres de enfriamiento
30	Pérdidas en válvulas líquidos-vapor
31	Verificación de niveles de líquidos en recipientes
32	Pérdidas en trampas de vapor

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.2. Ultrasonido

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo: es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío y arcos eléctricos. Pudiéndose detectar mediante la tecnología apropiada.

El ultrasonido permite:

- Detección de fricción en maquinaria rotativa.
- Detección de fallas o fugas en válvulas.
- Detección de fugas de fluidos.
- Pérdidas de vacío.
- Detección de arco eléctrico.

Se denomina ultrasonido pasivo a la tecnología que permite captar el ultrasonido producido por diversas fuentes.

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido, frecuencia con características muy aprovechables para la predicción de posibles fallos, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes.

Una de las aplicaciones más importantes en el ultrasonido propagado en aire / estructuras es la detección de fugas.

En sistemas de presión o de vacío se pueden detectar fugas de cualquier tipo de gas independientemente si están a alta o baja presión. Al pasar cualquier gas a través de un agujero de fuga, genera un flujo turbulento, el cual crea una señal ultrasónica que es detectable con un equipo receptor de ultrasonido.

En caso que sea un problema el ruido ambiental, puede utilizarse una sonda de enfoque de caucho para reducir el campo de recepción de los instrumentos y para protegerlo contra ultrasonidos conflictivos que obstruyen la inspección.

Es posible cuantificar las pérdidas en dinero por las fugas en sistemas cerrados (por ejemplo redes de aire comprimido). Con esto se puede justificar las inspecciones periódicas con ultrasonido en las plantas ya que los ahorros energéticos pueden ser muy significativos.

En intercambiadores de calor, calderas y condensadores el escape interno o escape de presión puede ubicarse rápidamente con el equipo de ultrasonido. Conectores, válvulas y bridas pueden escanearse fácilmente en busca de escapes.

Las características del ultrasonido permiten precisar la ubicación de una fuga en ambientes con mucho ruido. Los tubos de condensador y los tubos de intercambiador de calor pueden probarse en busca de filtraciones mediante el uso de tres métodos: vacío, presión y generador de tonos.

- Vacío: la lámina del tubo se escanea en busca del sonido indicador de caudal que se produce cuando la fuga atrae aire dentro del tubo.
- Presión: pueden realizarse pruebas adicionales cuando el sistema está fuera de línea utilizando presión de aire alrededor del atado de tubos y escaneando en busca del sonido de caudal producido en el tubo con filtración.
- Generador de tonos: es un método que se utiliza también para intercambiadores de calor, en el cual un transmisor potente de alta frecuencia llena con ultrasonido el lado de la carcasa del intercambiador. El sonido generado seguirá la ruta de la fuga a través del tubo. Si se escanea la lámina del tubo indicará una fuga.

Otra de las aplicaciones en que se puede utilizar el ultrasonido es probar la hermeticidad en tanques, escotillas, vehículos, etcétera. Esto se puede verificar de dos maneras:

- Presurizar el sistema y escanear con el equipo de ultrasonido buscando las posibles fugas.
- Utilizar un generador de tonos para crear ultrasonido artificial y luego hacer la verificación con el equipo de ultrasonido.

2.2.4. Equipos con los que cuenta la empresa para ensayos no destructivos

Ya que se conocen las maquinarias más críticas de la empresa, se sabe que en la empresa se utiliza un plan de mantenimiento preventivo y no predictivo, se conoce en qué áreas se puede aplicar la termografía y ultrasonido; es el momento de conocer los equipos de termografía y ultrasonido con los que cuenta la empresa para realizar los muestreos.

2.2.4.1. Equipo para ultrasonido

El equipo de ultrasonido con que cuenta la empresa es el modelo ULTRAPOBE 10 000, este equipo cuenta con varios componentes para su funcionamiento mostrados en la figura 11.

Figura 11. Componentes del equipo ULTRAPROBE 10 000



Fuente: manual de instrucción ultraprobe 10 000, p. 5.

- **Módulo escáner trisónico:** este módulo es utilizado para recibir ultrasonido presente en el ambiente como la señal emitida por una fuga de presión/vacío y por descargas eléctricas. Tiene 4 pines que alinean el módulo para ubicarlo en el frente de la pistola, este simplemente se inserta. El módulo escáner Trisónico contiene 3 transductores piezoeléctricos que reciben con alta direccionalidad hasta la señal más pequeña de ultrasonido.

- Módulo estetoscopio (contacto): este es el módulo con la varilla metálica. Esta varilla es utilizada como una guía de ondas de aquellas señales generadas internamente como en un rodamiento, válvula o trampa de vapor. Esta varilla lleva la señal de ultrasonido a un transductor piezoeléctrico. El módulo posee una protección de las ondas RF que tienen tendencia a afectar los receptores electrónicos y las mediciones.

El módulo estetoscopio (Contacto) puede ser utilizado en cualquier ambiente, desde aeropuertos, hasta torres de control. Posee amplificación de bajo ruido, que permite detectar una señal clara, para ser interpretada.

Para colocarlo en el equipo, se alinean los 4 pines y se inserta.

- Audífonos: el audífono está diseñado para usar con o sin casco y puede bloquear los sonidos intensos de ambientes industriales y el usuario puede escuchar fácilmente los sonidos captados por el ULTRAPROBE.
- Generador de tono: el generador de tono WTG-1 es un transmisor ultrasónico diseñado para inundar un área con ultrasonido. Este es usado para la detección de fugas especiales. Cuando es ubicado dentro de un tanque vacío, el generador inundará esa área con un intenso ultrasonido que no penetrará ningún sólido, pero si atravesará alguna fisura. Escaneando con el módulo escáner ultrasónico, los tanques vacíos así como las tuberías, tanques, ventanas, puertas pueden ser chequeados instantáneamente para detección de fugas.

- Focalizador de goma: es un cono de caucho que es utilizado para bloquear ultrasonidos intensos y focaliza o concentra el campo de recepción con el módulo escáner trisónico.
- Extensión del módulo estetoscopio: son 3 varillas de aluminio que al ser ensambladas pueden alcanzar hasta una distancia de 78,7 cm.
- Cable I/O 9PC-C9: el cable estándar I/O para descargar las grabaciones del UP10 000 al puerto serial de un PC.
- Cargador de batería BCH-9/10: es el cargador estándar para el UP10 000 con una línea de entrada de 120 voltios AC a 60 hz. El tiempo de carga es de 8 horas. Para países con 220 v/50 hz, el BCH102 es considerado un accesorio estándar.
- Cargador de batería BCH-WTG: es el cargador estándar para el generador de tonos que son utilizados con el UP10 000. La línea de entrada es 120 VAC a 60 hz y el tiempo de carga es de 8 horas.
- LRM-9/10: es un módulo escáner en forma de cono, incrementa la distancia de detección, más que los módulos estándar. El LRM-9 es ideal para inspección de alto voltaje, para localizar fugas de alto voltaje y fugas a grandes distancias.

En la tabla V se muestran las especificaciones del equipo de ultrasonido con que cuenta la empresa.

Tabla V. **Especificaciones de ultraprobe 10 000**

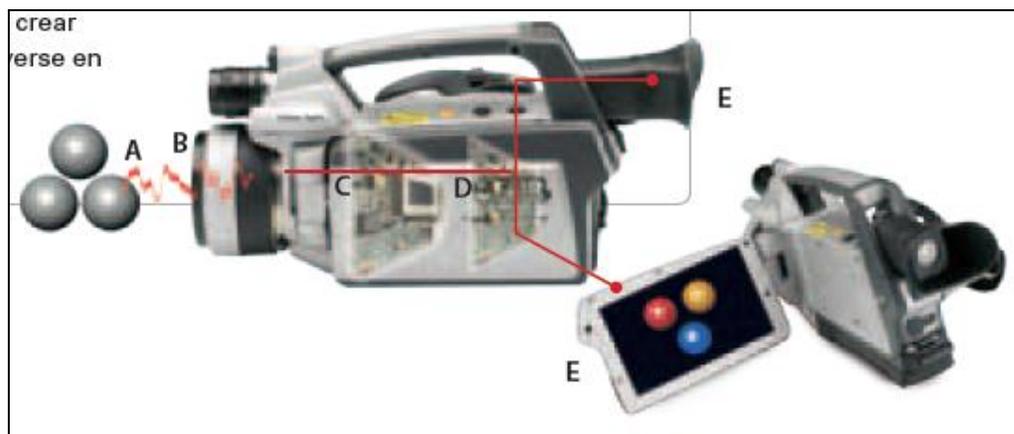
Especificaciones del ULTRAPROBE® 10,000	
Construcción:	Tipo pistola portátil hecho con aluminio revestido y plástico ABS
Circuito:	Analógicos de estado sólido y circuitos digitales SMD con compensación de temperatura conversión real RMS.
Rango frecuencia:	20 khz a 100 Khz (Sintonizable en incrementos de 1Khz)
Tiempo de respuesta:	< 10 ms
Pantalla:	64 x 128 LCD con luz posterior LED
Memoria:	400 ubicaciones de almacenamiento
Batería:	NIMH Recargable
Temperatura de funcionamiento:	32 °F a 122 °F (10 °C a 50 °C)
Salidas:	Salida heterodina calibrada, decibeles (dB), frecuencia, salida de datos RS-232.
Módulos:	Módulo escáner trisónico, módulo estetoscopio, módulo de largo alcance
Audífonos:	Audífonos de lujo atenuadores de ruido para usar con casco
Indicadores:	dB, Frecuencia, estado de la batería y gráfico de barras de 16 segmentos
Sensibilidad:	Detecta 0,005" (0,127 mm) de diámetro de fuga a 5 psi (0,34 bar) a una distancia de 50 ft (15,24 m)
Dimensiones:	Kit completo en estuche de aluminio Zero Halliburton 21,5" x 18,5" x 8" (55 x 47 x 20 cm)
Peso:	Pistola: 2,35 lb (1,1 Kg)
Estuche completo:	19 lb (8,6 Kg)
Modos de pantalla:	Tiempo real e instantáneo, valor pico, pantalla de almacenamiento y pantalla de aplicaciones específicas.
Ultraprobe 10 000 kit: cumple y excede los requerimientos ASTM E 1002-2005 para detección de fugas.	

Fuente: <http://www.uesystems.com.es/main.php?page=Productos&producto=Ultraprobe_10000> [Consulta: agosto de 2010].

2.2.4.2. Equipo para termografía

La energía infrarroja (A) que proviene de un objeto se hace converger, por medio de la óptica (B), sobre un detector de infrarrojo (C) figura 12.

Figura 12. Cámara termográfica



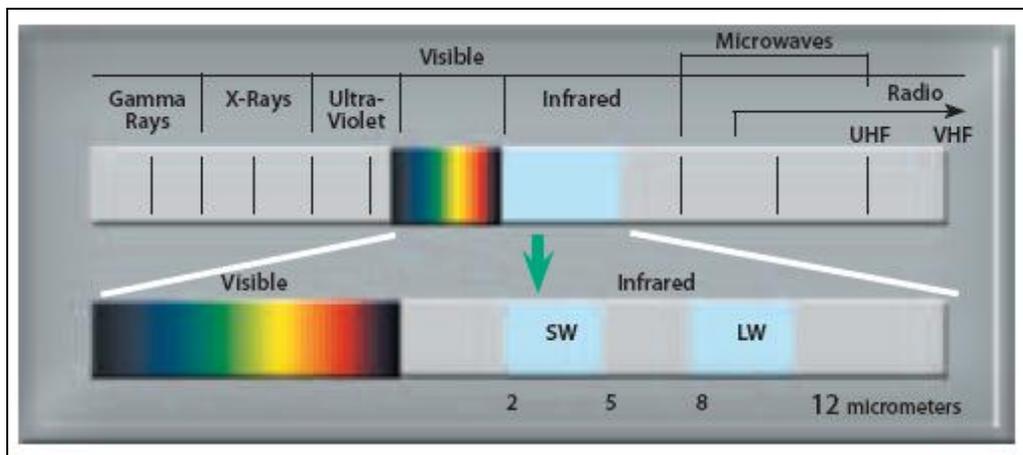
Fuente: <<http://www.flir.com/ES/>>. [Consulta: agosto de 2010].

El detector envía la información al conjunto sensor electrónico (D) para que se procese una imagen. El conjunto electrónico utiliza los datos que provienen del detector para crear una imagen (E) que puede verse en infrarrojo: parte del espectro electromagnético los ojos son detectores capaces de percibir la luz visible (o radiación visible). Existen otras formas de luz (o radiación) que no se puede ver. El ojo humano solo ve una parte muy pequeña del espectro electromagnético.

Los ojos no ven la luz ultravioleta, que se encuentra en un extremo del espectro, ni el infrarrojo que se encuentra en el otro extremo del mismo.

La radiación infrarroja está comprendida entre las fracciones visibles y de microondas del espectro electromagnético, ver figura 13.

Figura 13. **Espectro electromagnético**



Fuente: <<http://www.flir.com/cs/emea/es/view/?id=41536>>. [Consulta: septiembre de 2011].

La principal fuente de radiación infrarroja es el calor o radiación térmica. Todo objeto que tenga una temperatura superior al cero absoluto (-273,15 grados Celsius o 0 grados Kelvin) emite radiación en la región del infrarrojo. Incluso aquellos objetos que se consideran muy fríos, como por ejemplo, unos cubos de hielo, emiten radiación infrarroja.

Se está expuesto a la radiación infrarroja todos los días. Es radiación infrarroja el calor que se percibe de la luz solar, de un fuego o de un radiador. Aunque los ojos no la vean, las terminaciones nerviosas que se encuentran en la piel la perciben como calor. Cuanto más caliente este un objeto, más radiación infrarroja emite.

La termografía infrarroja es el arte de transformar una imagen infrarroja en radiométrica, lo que permite leer los valores de temperatura a partir de la imagen. Para hacerlo, la cámara infrarroja cuenta con algoritmos complejos.

Algunas de las especificaciones del equipo con que se cuenta en la empresa se muestran en la tabla VI.

Tabla VI. **Especificaciones cámara termográfica FLUKE TI 10**

Especificaciones FLUKE TI 10	
Características de imagen	
Resolución IR	160 × 120 píxeles
Resolución especial	2,72 mrad
Sensibilidad térmica	< 0,07 °C
Zoom	1-2x zoom digital continuo
Presentación de imagen	
Imagen en imagen	Área IR en imagen visual
Fusión térmica	N/D
Análisis de medida	
Rango de temperaturas de medida	-20 °C a +120 °C / 0 °C a +650 °C
Punto de medida	3
Área	3 recuadros con min/max/promedio
Diferencia de temperatura	Temperatura delta, entre las funciones de medida y la temperatura de referencia
Informes	
Informe instantáneo	N/D
Cámara digital	
Integrada	3,1 mega píxeles, e iluminación 1 LED

Continuación tabla VI

Anotaciones de imagen	
Voz	60 segundos vía Bluetooth®
Texto	Lista de texto predefinido o teclado en la pantalla táctil
Sensores externos	Posible conectar a través de Bluetooth , medidor de humedades Extech MO297 o Pinzas EX845
Almacenamiento de imagen	
Tipo	IR/visual, almacenamiento simultáneo de imágenes IR y visuales
Interface de comunicación de datos	
Bluetooth®, WiFi	Si

Fuente: <<http://www.flir.com/cs/emea/es/view/?id=41536>>. [Consultado: septiembre de 2011].

2.2.5. Equipos en que es posible la aplicación de termografía o ultrasonido

Como se ha leído en el primer capítulo de este documento, se realizó un análisis de criticidad, el cual dió como resultado las maquinarias críticas en el proceso de producción de la planta de la División *Consumer Care* en Guatemala.

Luego de presentarle los resultados de este análisis al gerente y jefes del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, se ha comentado que los equipos que se muestran en la tabla III como equipos de alto riesgo como el caso del deshumidificador cargo Caire efervescente y el deshumidificador cargo Caire estándar han presentado paros, debido a fallas en el suministro de vapor por fugas en los intercambiadores de calor y por fallos en las trampas de vapor del

sistema, por esta razón, se decide enfocar el análisis de ultrasonido para el sistema de vapor de la planta.

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 han presentado paros por pérdidas de presión en el sistema de aire comprimido por fugas en tuberías. En el caso de este sistema se ha determinado que se utilizará ultrasonido para la localización de fugas en el sistema de aire comprimido.

Una de las líneas de producción más importantes en la planta, es la línea de la máquina selladora llamada NOACK 920, esta máquina se encarga de empacar en blíster uno de los productos nuevos que está ganando terreno en el mercado como lo es el ALEVE LIQUID GEL, es por esta razón que se ha decidido enfocar el análisis de termografía a los paneles eléctricos y electrónicos de esta máquina, ya que, además de lo antes mencionado, las refacciones eléctricas de esta máquina necesitan un gran tiempo de respuesta para su reparación y tienen un costo bastante alto.

En resumen, la aplicación de termografía y ultrasonido 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 VII que se presenta a continuación.

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

Resumen de aplicación de termografía y ultrasonido	
Sistema de vapor	Aplicación de ultrasonido en la prueba de funcionamiento de trampas de vapor.
	Localización de fugas de vapor en intercambiadores de calor por medio de análisis ultrasónico.
Sistema de aire comprimido	Localización de fugas de aire comprimido en todo el sistema de aire comprimido por medio del ultrasonido.
Tableros eléctricos y electrónicos	Análisis termográfico de los tableros eléctricos y electrónicos de las selladoras Noack 920, Siebler 1 y Siebler 2.

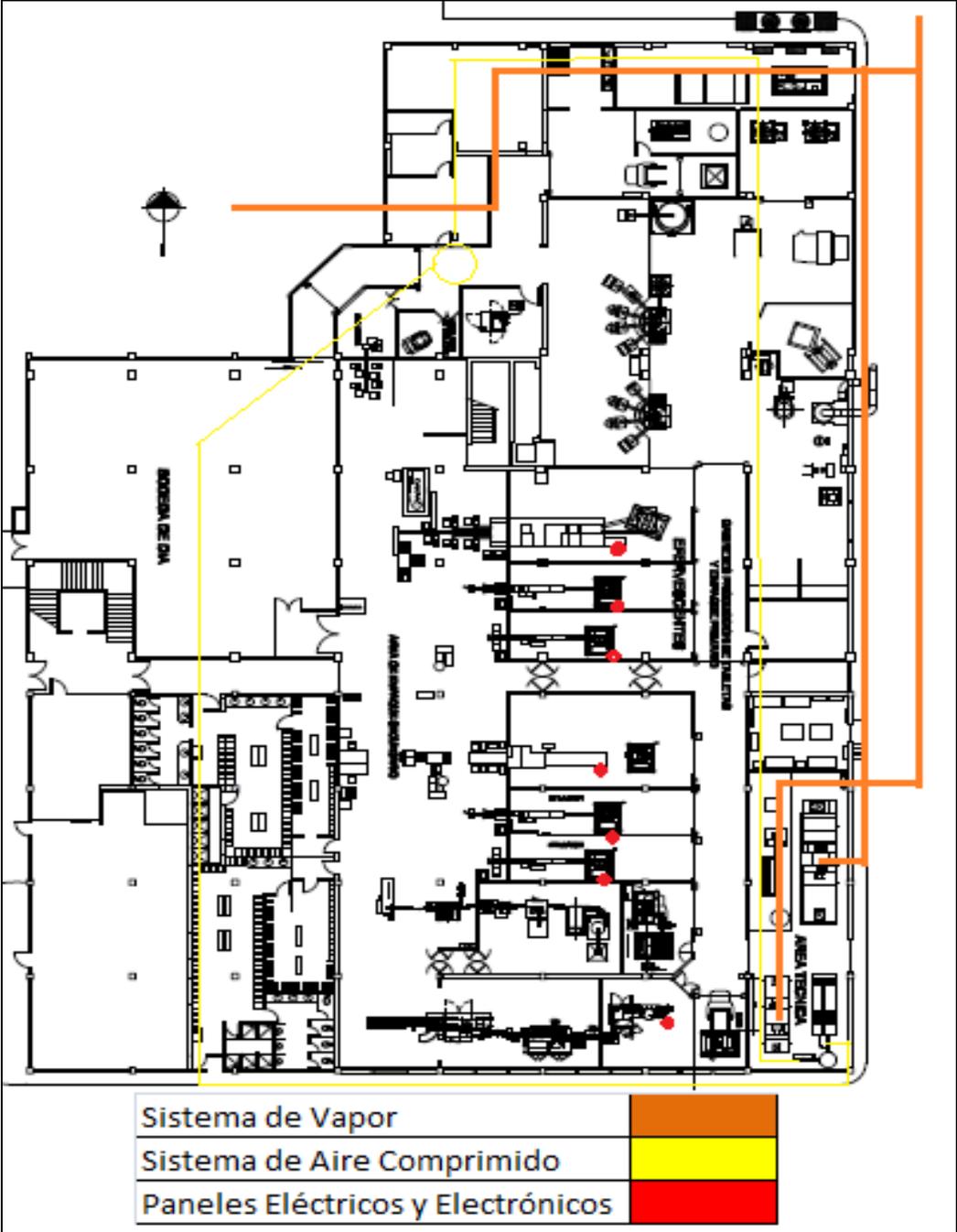
Fuente: elaboración propia.

Ya están definidos los sistemas y las maquinarias en las cuales se aplicará la termografía y el ultrasonido, a continuación se deben conocer las maquinarias y sistemas objetivos.

2.2.6. Identificación y señalización de los equipos en los que se aplicará el análisis de termografía y ultrasonido

El siguiente paso en un análisis termográfico y ultrasónico corresponde a identificar en un plano las maquinarias y sistemas en los cuales se aplicarán los análisis termográficos y ultrasónicos. A continuación en la figura 14 se muestran los puntos en los que se aplicarán los estudios antes mencionados.

Figura 14. Identificación de maquinarias y sistemas para aplicación de termografía y ultrasonido



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 14 en color naranja se tiene el sistema de vapor en el cual se realizarán pruebas en las trampas de vapor que son las que han presentado mayores problemas, en color amarillo se ve el sistema de aire comprimido en el que se presume existe un buen número de fugas que provocan variaciones en la presión del sistema, en color rojo se localizan los paneles eléctricos y electrónicos de las selladoras que al igual que los otros sistemas han presentado fallas que provocan paros en las maquinarias.

La información de las fallas que presenta cada uno de los sistemas antes mencionados ha sido proporcionado por el personal del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento.

Ya que se han identificado los sistemas o maquinarias en las que se aplicarán los estudios de termografía y ultrasonido se procede a la marcación física de los puntos en los que se tomarán las muestras para los análisis.

En el caso del sistema de vapor en el que se utilizará el ultrasonido para verificar el funcionamiento de las trampas de vapor se han localizado 24 trampas de tres tipos, balde invertido, termodinámica y de flote como se muestra en la tabla VIII.

Tabla VIII. Cantidad y tipos de trampas de vapor en el sistema de vapor de Bayer, S.A.

Tipo de trampa	Cantidad
Trampa de vapor de balde invertido	15
Trampa de vapor termodinámica	7
Trampa de vapor de flote	2

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Especificaciones de las partes de cada sistema o maquinaria a muestrear

En lo que se refiere al sistema de vapor en la empresa se cuenta con dos calderas con una capacidad para generar 150 PSI de presión, en todo el sistema se cuenta con un promedio de presión de 115 PSI.

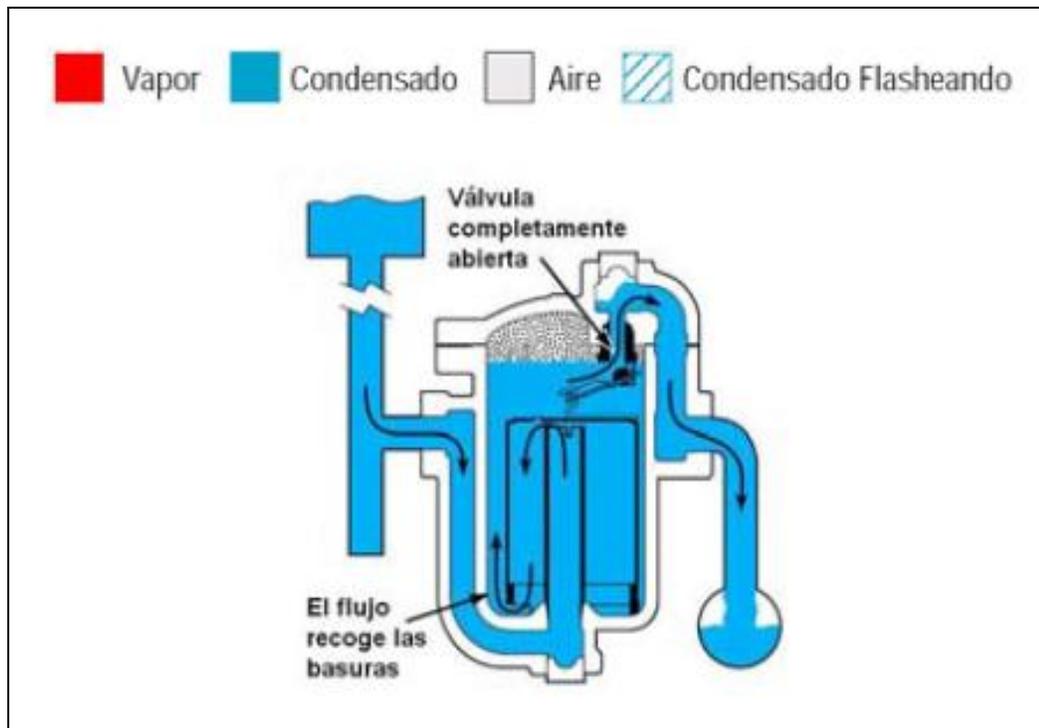
Las trampas de vapor que se utilizan son fabricadas para soportar 125 PSI de marca SPIRAX SARCO tanto las de balde invertido, termodinámicas y de flote.

2.2.7.1. Funcionamiento trampas de vapor de balde invertido

Todos los tipos de trampas de balde invertido trabajan sobre el mismo principio. Este es, un pequeño cilindro invertido, el cual es sujeto a uno de sus extremos, llegando a flotar cuando el condensado interno es desplazado por el vapor.

Al arranque, el balde está abajo y la válvula está completamente abierta. El condensado sale a través de la válvula completamente abierta y se descarga a la tubería de regreso, figura 15.

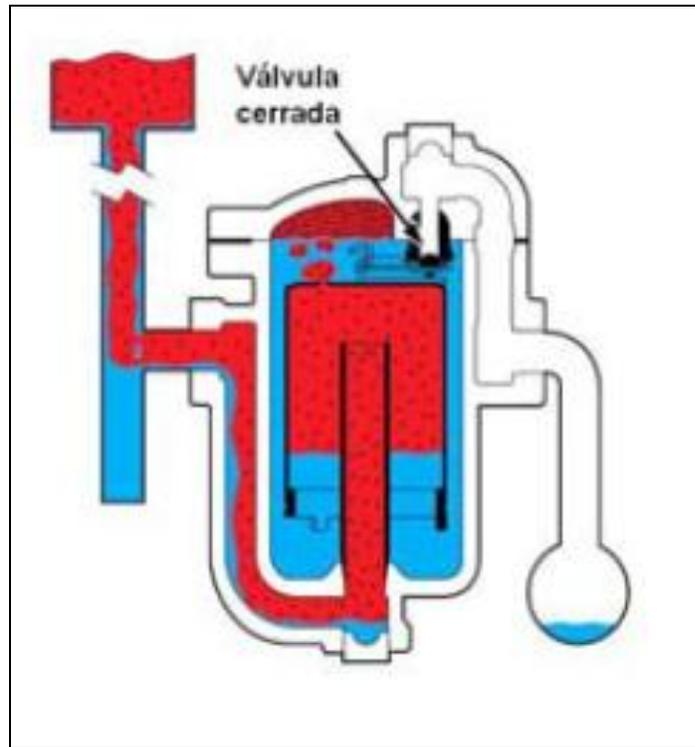
Figura 15. **Salida de condensado de la trampa de balde invertido**



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.
p. 4.

El vapor que entra en el balde invertido y sumergido, causa que este flote y cierre la válvula de descarga. A diferencia de otras trampas mecánicas, el balde invertido también ventea continuamente aire y bióxido de carbono a la temperatura del vapor, figura 16.

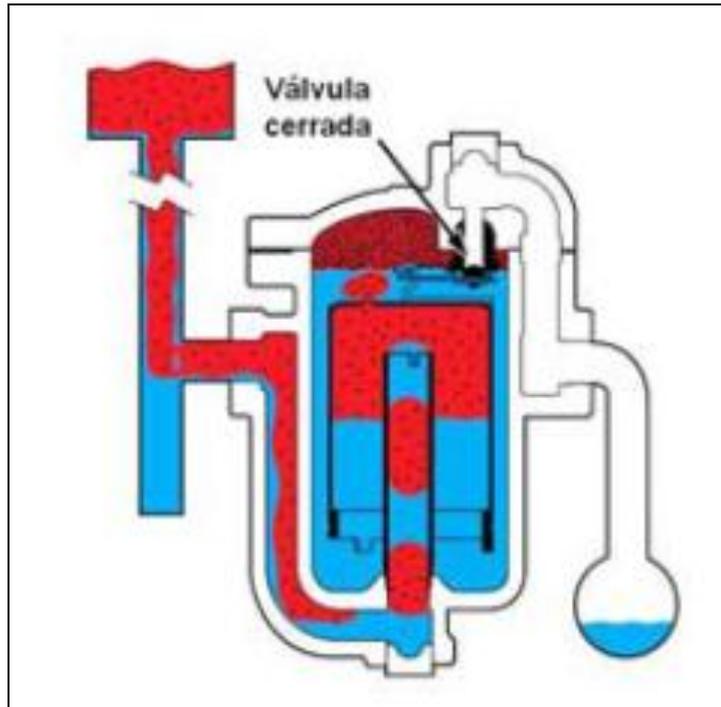
Figura 16. Cierre de la válvula por la acción del vapor



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.
p. 4.

Cuando el condensado empieza a llenar el balde, este comienza a jalar la palanca de la válvula. Dado que el nivel del condensado sigue subiendo, se ejerce más fuerza en la palanca, hasta que es suficiente para vencer la presión diferencial de la válvula, la cual se abre, figura 17.

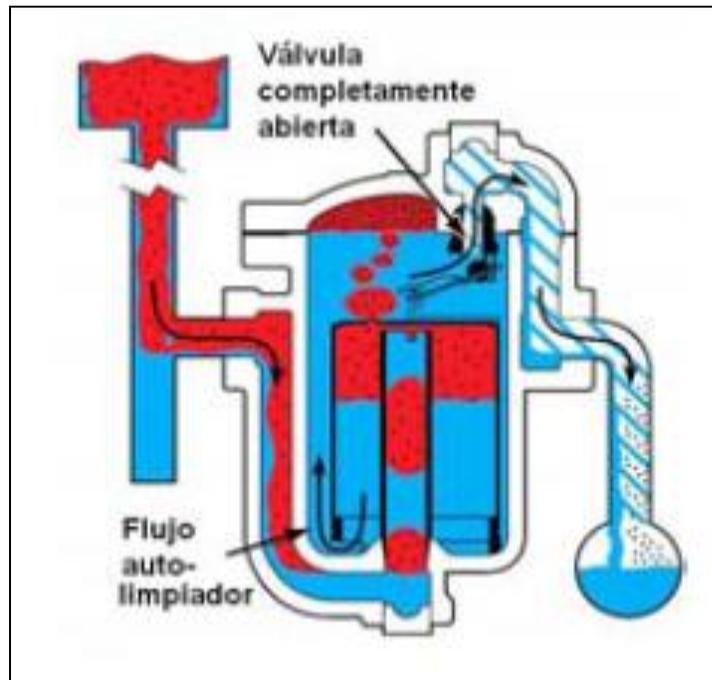
Figura 17. **Inicio de apertura de la válvula de la trampa de balde invertido**



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.
p. 4.

Al momento que la válvula se abre, la fuerza de la presión a través de ella se reduce y el balde se hunde rápidamente, lo que abre la válvula completamente. Primero, sale el aire que se ha acumulado, seguido por el condensado. El flujo que hay por debajo del borde del balde levanta la suciedad y se la lleva fuera de la trampa. La descarga continúa hasta que llegue más vapor que haga flotar al balde y así se repita el ciclo, figura 18.

Figura 18. **Apertura total de la válvula de la trampa de balde invertido**



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.
p. 5.

Las principales características de las trampas de vapor de balde invertido son las siguientes:

- Excelente para trabajar en procesos con presión constante o casi constante.
- La descarga del condensado es intermitente.
- No hay fugas de vapor vivo en operación normal.
- El tiempo de vida útil de la trampa es alto.

- Cuando existe contra-presión en la línea de retorno, disminuye su capacidad de descarga de condensado.
- La suciedad se acumula en el fondo de la trampa y puede ser descargada en la apertura.
- Es muy resistente a los golpes de ariete.
- Absorbe pequeñas variaciones en el flujo de condensado.

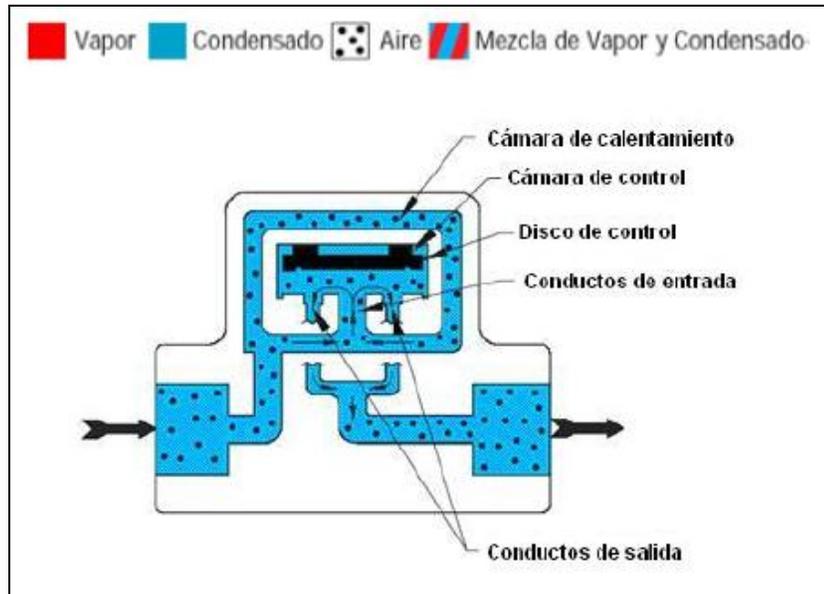
2.2.7.2. Funcionamiento de trampas de vapor termodinámicas

Trampa de vapor termodinámico es un dispositivo temporizado que funciona según el principio de velocidad. Solo contiene una pieza móvil, el mismo disco. Como es muy ligero y compacto, el purgador satisface las necesidades de muchas aplicaciones donde el espacio es limitado.

Además de la sencillez del purgador termodinámico y de su pequeño tamaño, también ofrece ventajas como resistencia al choque hidráulico, descarga completa de todo el condensado cuando está abierto y funcionamiento intermitente para una acción de purga regular.

Al arrancar, el condensado y el aire entran a la trampa y pasan por la cámara de calentamiento, alrededor de la cámara de control y a través de los orificios de entrada. Este flujo separa el disco de los orificios y permite que el condensado fluya por los conductos de salida, figura 19.

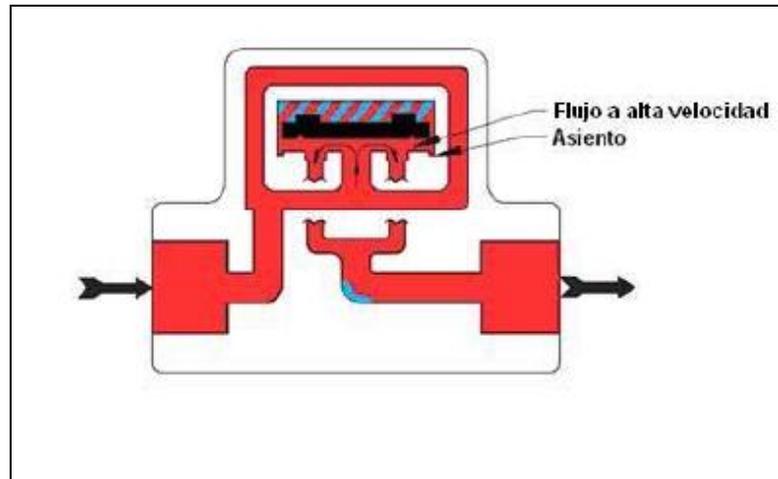
Figura 19. **Salida de condensado de la trampa termodinámica**



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.
p. 9.

El vapor ingresa por los conductos de entrada y fluye hasta debajo del disco de control. La velocidad de flujo a lo largo de la cara del disco se incrementa, produciéndose una reducción en la presión que jala al disco hacia el asiento, cerrando la trampa, figura 20.

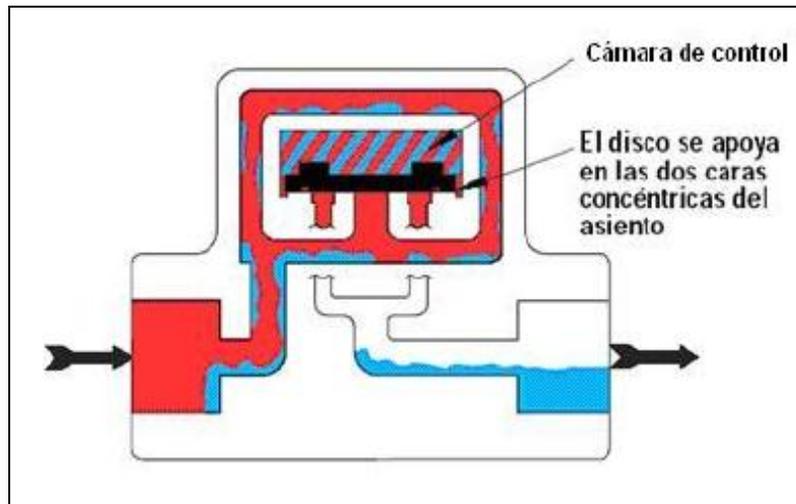
Figura 20. **Cierre de la trampa de termodinámica**



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.
p. 9.

El disco se apoya en las dos caras concéntricas del asiento, cerrando los conductos de entrada, atrapando el vapor y condensado arriba del disco. Hay una purga controlada del vapor y vapor flash en la cámara de control, para ayudar a mantener la presión en la cámara de control. Cuando la presión arriba del disco se reduce, la presión a la entrada separa el disco de su asiento. Si existe condensado, se descarga y básicamente se repite el ciclo, figura 21.

Figura 21. **Apertura de la trampa de vapor termodinámica**



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*, p. 10.

Las principales características de las trampas de vapor de balde invertido son las siguientes:

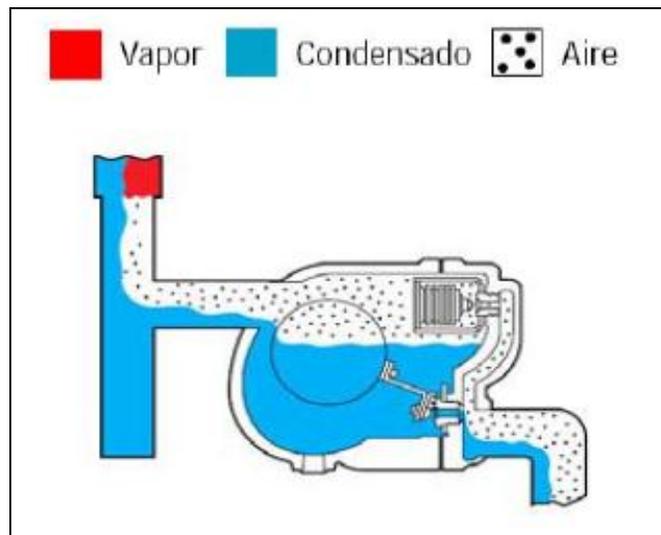
- Puede trabajar en procesos con presión constante o modulada.
- La descarga del condensado es intermitente.
- Hay fugas de vapor vivo cuando no hay condensado.
- El tiempo de vida útil es muy bajo por su naturaleza de operación.
- Cuando existe contra-presión en la línea de retorno, puede quedar cerrada.

- La suciedad puede obstruir los orificios de descarga.
- Resiste los golpes de ariete.
- No reconoce la presencia de condensado en la línea.

2.2.7.3. Funcionamiento de las trampas de vapor de flote o flotador con venteo termostático

Al arranque, la baja presión en el sistema fuerza al aire a salir por el venteo termostático. Normalmente después, se tiene una gran cantidad de condensado que eleva el flotador y abre la válvula principal. El aire sigue siendo descargado por el venteo termostático, figura 22.

Figura 22. Salida del condensado de una trampa de vapor de flotador

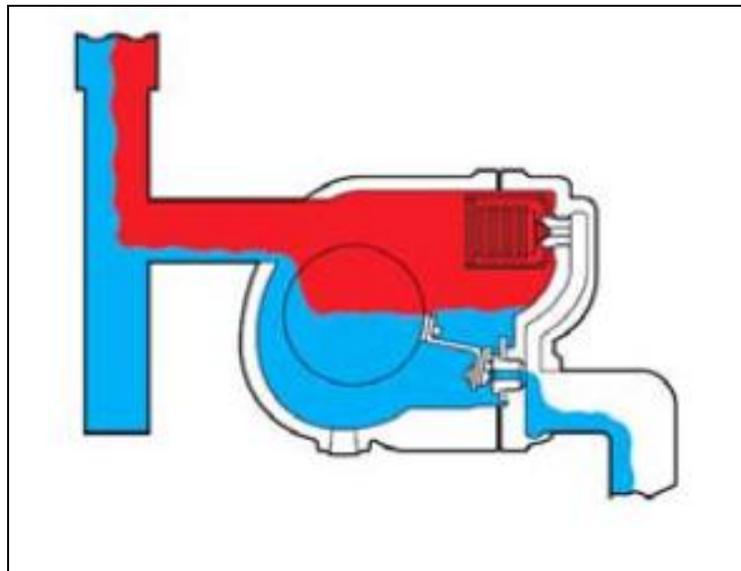


Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.

p. 6.

Cuando el vapor llega a la trampa, el venteo termostático se cierra al responder a la temperatura más alta. El condensado sigue fluyendo a través de la válvula principal, la cual se abre, de acuerdo con la posición del flotador. La apertura de la válvula es suficiente para descargar el condensado con la misma rapidez con que llega, figura 23.

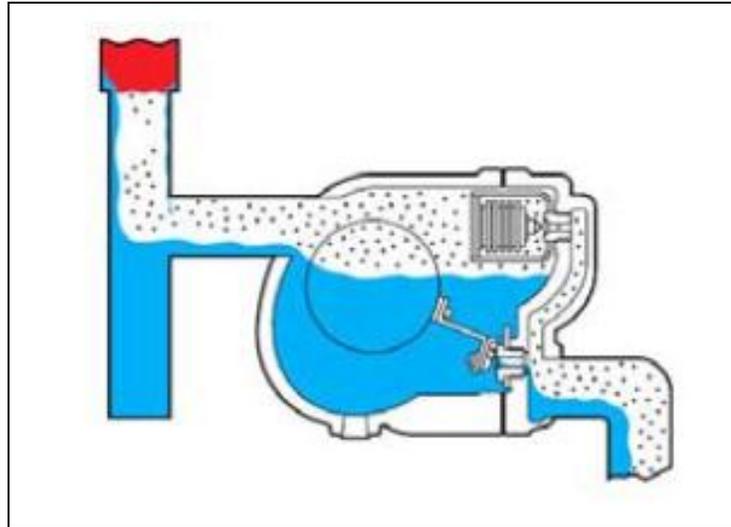
Figura 23. **Cierre del venteo de la trampa de vapor de flotador**



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.
p. 6.

Cuando se ha acumulado aire en la trampa, la temperatura cae por debajo de la del vapor saturado. En ese momento el venteo térmico se abre y el aire se descarga, figura 24.

Figura 24. **Ventdeo de la trampa de vapor de flotador**



Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.
p. 6.

Las principales características de las trampas de vapor de flotador son las siguientes:

- Excelente para trabajar en procesos con presión modulante.
- La descarga del condensado es continua.
- No hay fugas de vapor vivo en operación normal.
- El tiempo de vida útil es alto con una adecuada instalación.
- Cuando existe contra-presión en la línea de retorno, disminuye su capacidad de descarga de condensado.

- La suciedad puede obstruir la descarga de condensado de la trampa.
- No resiste los golpes de ariete.
- Absorbe amplias variaciones en el flujo de condensado.

A manera de resumen de los tres tipos de trampas de vapor que se utilizan en el sistema de vapor de la empresa se presenta a continuación en la figura 25, un resumen de las características de las mismas.

Figura 25. **Cuadro resumen de características de trampas de vapor**

Características Tipo de válvula	Presión del proceso	Tipo de descarga	Fuga de vapor vivo en operación	Eliminación de aire y gases NC	Tiempo de vida*	Trabajo con suciedad	Resistencia a golpes de ariete	Trabajo con cambios en flujo de condensado
Balde Invertido	Constante (Flujo real) / casi constante	Intermitente	NO	Baja	Alto 6 a 8 años	Aceptable	Excelente	Malo
Flotador y Termostática	Modulante	Continua	NO	Excelente	Medio 3 a 5 años	Malo	Malo	Excelente
Termodinámica	Constante / modulante	Intermitente	Probable	Buena	Muy Bajo 6 a 12 meses	Malo	Bueno	Malo

Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (México), *Tipos de trampas de vapor*.
p 11.

2.2.7.4. Línea de aire comprimido de la empresa

En el caso del suministro de aire comprimido de la planta de producción, es suministrado por un compresor de tornillo marca Atlas Copco modelo ZT MD 25 figura 26, con una generación de aire comprimido a una presión de entre 7 bar a 10,4 bar.

El sistema cuenta con un tanque de almacenamiento que permite mantener una presión más estable en todas las estaciones de trabajo.

Figura 26. **Compresor de aire de tornillo Atlas Copco ZT MD 25**



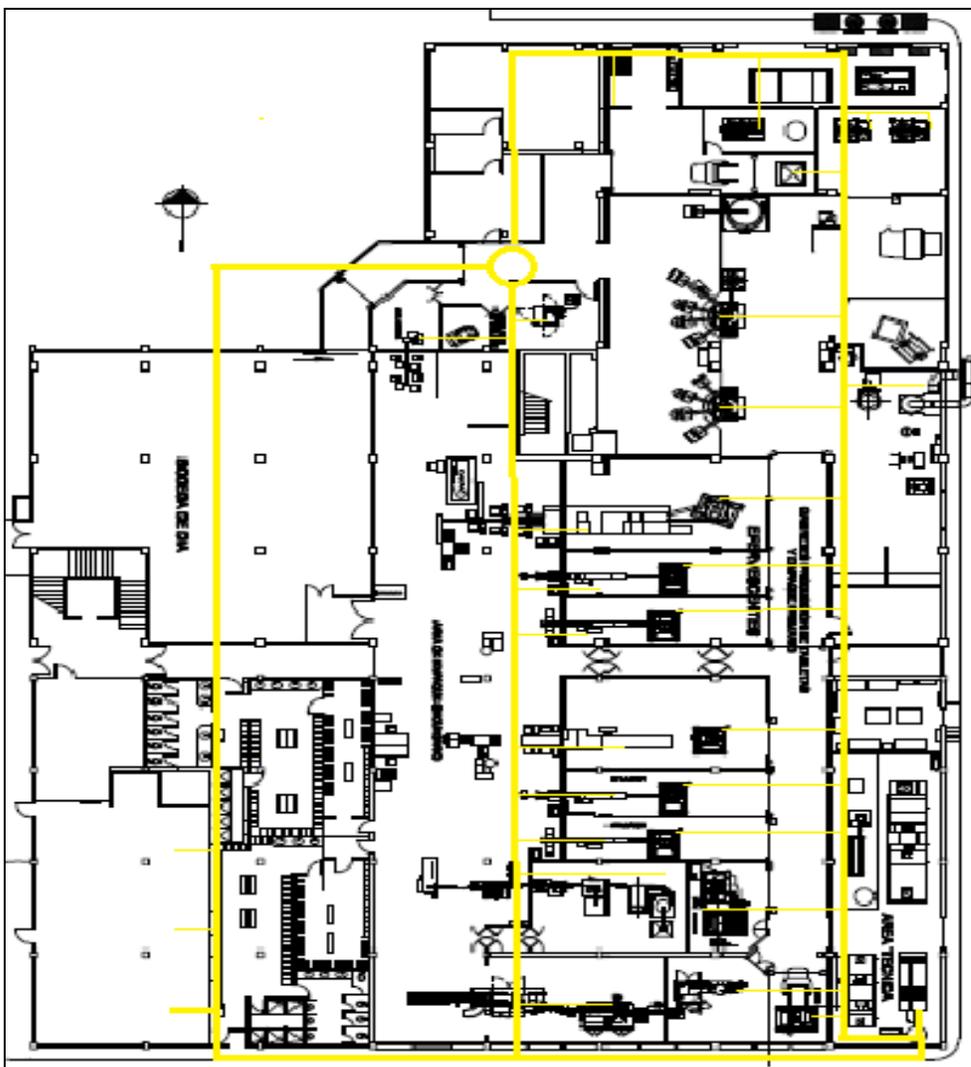
Fuente: Área técnica 1, planta de Bayer, S.A. en Guatemala.

En su mayoría el aire comprimido en la planta de producción es utilizado para el funcionamiento de las máquinas tableteadoras y selladoras, además de utilizarse para el secado de partes de acero inoxidable.

El aire comprimido es uno de los suministros más utilizados y por ende, es muy importante evitar en su mayoría las fugas en todo el sistema, para evitar paros en la maquinaria.

Las líneas de aire comprimido se pueden ver en la figura 27.

Figura 27. Líneas de aire comprimido

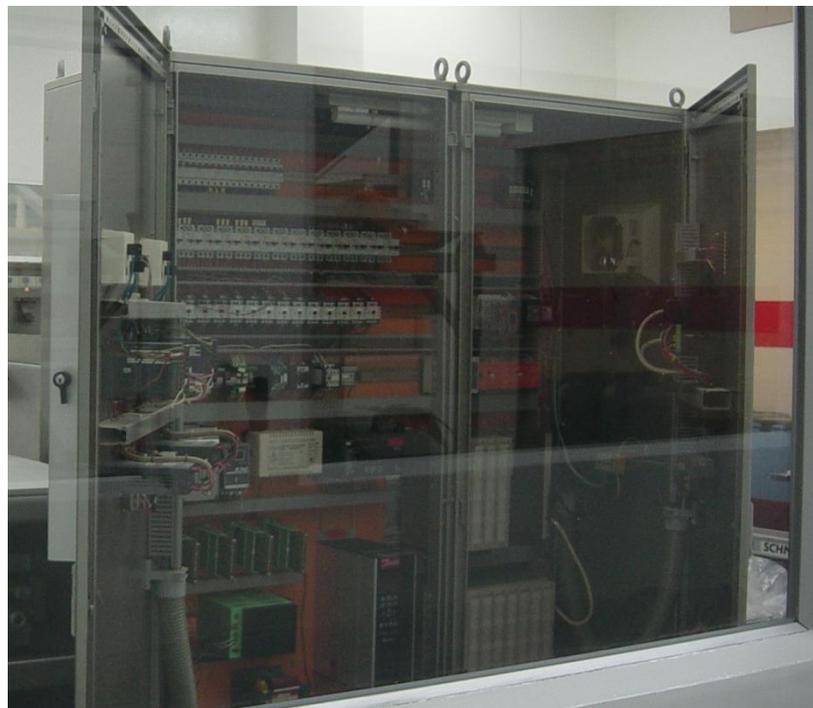


Fuente: elaboración propia.

2.2.7.5. Tableros eléctricos y electrónicos de las maquinarias

Cada una de las maquinarias con que se cuenta en la planta de producción cuenta con tableros eléctricos y electrónicos (figura 28) para su funcionamiento, pero, de acuerdo con lo analizado en la parte 2.2.5 se efectuará el estudio de termografía en las selladoras de las líneas principales de producción. El voltaje que se maneja para estos tableros es de 220 voltios.

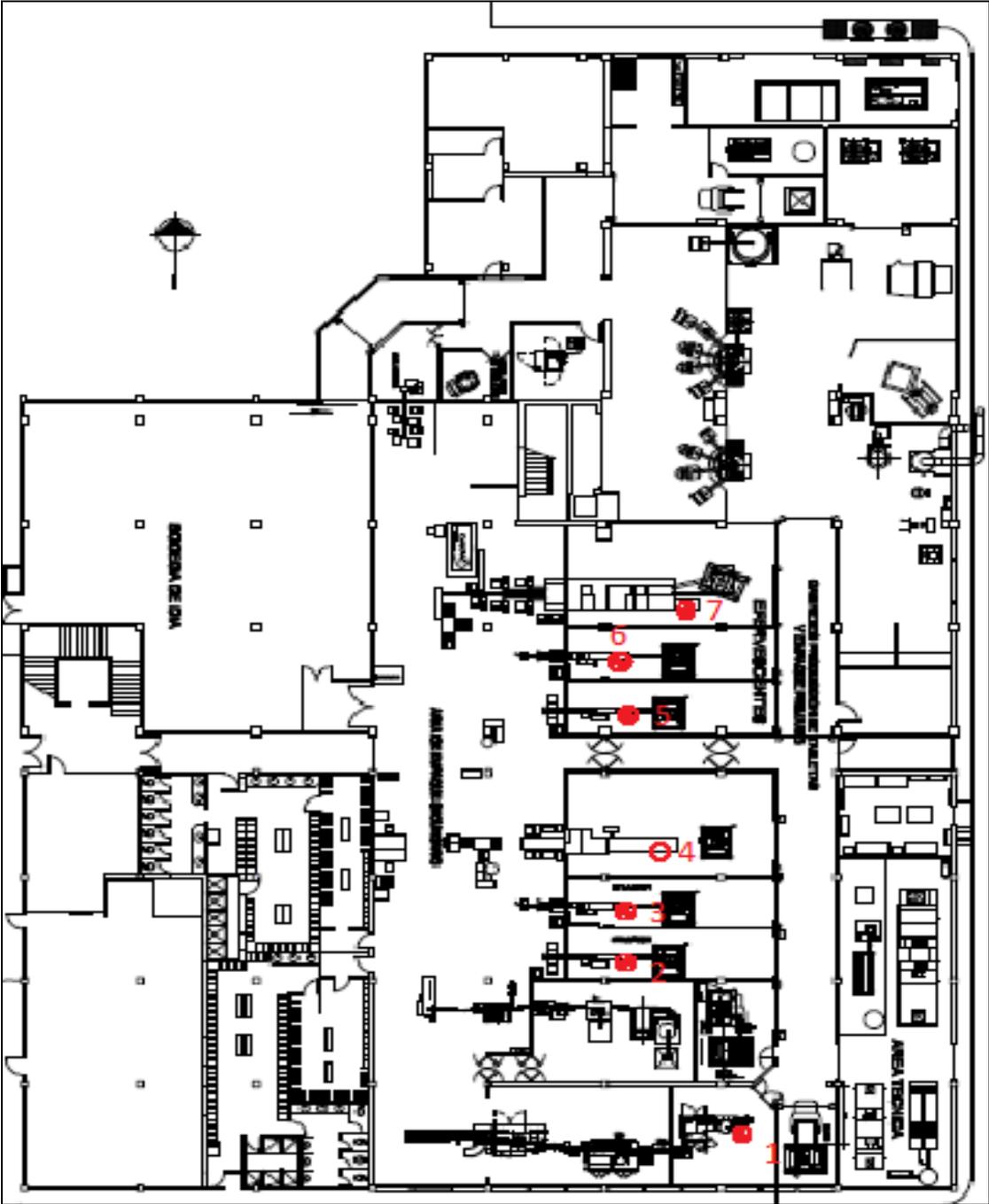
Figura 28. **Ejemplo de tablero eléctrico y electrónico**



Fuente: Cuarto de producción 2, planta de producción Bayer, S.A, Guatemala.

En la figura 29 se especifican los puntos en donde se muestreará.

Figura 29. Puntos en los que se encuentran los tableros eléctricos y electrónicos



Fuente: elaboración propia.

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

Ya que se conocen los puntos donde se encuentran las maquinarias o sistemas a muestrear, se hace necesario marcar con una calcomanía los tableros donde se tomarán las fotografías termográficas y marcar con un punzón el punto donde se muestreará cada una de las trampas de vapor.

En el caso de la localización de fugas de aire comprimido no es necesario marcar físicamente las tuberías, más adelante se explicarán los métodos que se utilizan para cada una de las mediciones y será entendible la razón de no marcar las tuberías.

En la figura 30 se muestra el punto donde se marcarán las trampas de vapor, este punto se escoge porque es el punto donde se descarga el condensado.

Figura 30. Punto de medición de la trampa de vapor



Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Métodos para llevar un análisis de ultrasonido y termográfico

En el caso del ultrasonido se utilizará el análisis ultrasónico propagado en el aire, esto para la localización de fugas de aire comprimido y cualquier otro tipo de fuga como fugas de vapor, etcétera.

2.2.9.1. Ultrasonido expandido en aire para localizar fugas de aire comprimido

Una de las aplicaciones más importantes en el ultrasonido propagado en aire es la detección de fugas. En sistemas de presión o de vacío se pueden detectar fugas de cualquier tipo de gas independiente si están a alta o baja presión.

Al pasar cualquier gas a través de un agujero de fuga, genera un flujo turbulento, el cual crea una señal ultrasónica que es detectable con un equipo receptor de ultrasonido. En caso que sea un problema el ruido ambiental, puede utilizarse una sonda de enfoque de caucho para reducir el campo de recepción de los instrumentos y para protegerlo contra ultrasonidos conflictivos que obstruyen la inspección.

Es posible cuantificar las pérdidas en dinero por las fugas en sistemas cerrados (por ejemplo, redes de aire comprimido). Con esto se pueden justificar las inspecciones periódicas con ultrasonido en las plantas ya que los ahorros energéticos pueden ser muy significativos.

El método que se utiliza para encontrar las fugas es la conocida como método de grueso a fino. Este método consiste en hacer un barrido con el equipo ultrasónico empezando del ángulo máximo de 360 grados, al detectar un sonido de fuga se debe ir acercando a la fuente reduciendo el ángulo de barrido y la sensibilidad del equipo de ultrasonido, de esta manera se va aislando la fuente del sonido, hasta llegar a la misma.

En ocasiones para ubicar el ultrasonido es necesario moverse de un área a otra. Esta es una técnica común cuando es difícil acercarse al área que emite el ultrasonido. Al moverse un área a otra y tomar lecturas de ultrasonido, el inspector es capaz de determinar el área que emite el ultrasonido por un proceso de eliminación.

La reflexión sónica puede ser una fuente de confusión y puede llevar a lecturas falsas. El sonido se refleja en superficies sólidas y aunque hay algún grado de atenuación la energía del sonido puede ser mal interpretada como la fuente primaria de fuga. Es importante que se confirme la ubicación de la fuga.

Hay varias técnicas a utilizar cuando se quiere confirmar la ubicación de una fuga. Para confirmar el sitio de fuga: escanee en todas las direcciones y verifique el ángulo de aproximación para asegurar que se aproxima a la fuente de sonido en línea recta con el flujo de fuga. Use el método de sellamiento oprimiendo la punta de hule contra el área sospechosa.

2.2.9.2. Ultrasonido propagado en estructura para el análisis de trampas de vapor

La manera más rápida y exacta de probar trampas de vapor por operación apropiada es utilizar equipo ultrasónico. La unidad de prueba ultrasónica debe ser seleccionada por versatilidad y rango de frecuencia ultrasónica. Dos de las principales quejas de equipos ultrasónicos son que el operador no tiene conocimiento del equipo y el equipo ultrasónico tomará ruido de ultrasonido competidor. La última tecnología en equipo ultrasónico ha eliminado ambos problemas.

Las trampas de vapor son fabricadas por diferentes compañías, todas estas compañías producen solo tres diseños de operación diferentes. El personal de prueba necesita entender estos tres tipos de trampas de vapor: mecánica, termodinámica y termostática.

Probar trampas de vapor puede ser visualizado en dos categorías: abierto/cerrado (*on/off*) y flujo continuo. Las trampas de *on/off* son: cubeta invertida, termodinámica y las trampas de flujo continuo son: flotación y termoestática, flotación y orificio fijo.

El método de contacto puede ser usado en ambientes ruidosos, detecta claramente el sonido de vapor pasando por la trampa y el medidor responde cercano a escala completa cuando la trampa descarga. Cuando la trampa queda abierta, el sonido está constantemente presente y hay una tremenda cantidad de vapor perdido.

Cuando la trampa queda cerrada, no hay ruido, el flujo de condensado puede prevenirse y hay una pérdida de eficiencia. Probar trampas de vapor por operación apropiada usando ultrasonido propagado en aire es rápido y preciso.

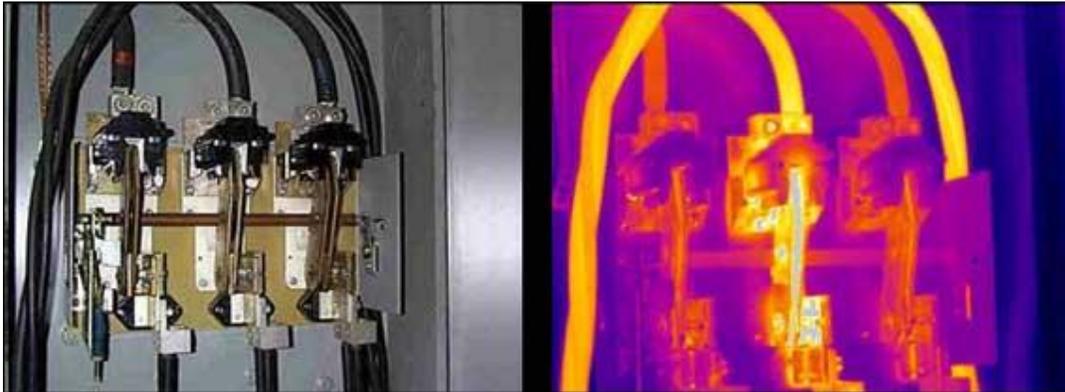
2.2.9.3. Termografía aplicada en tableros eléctricos y electrónicos

Con el fin de detectar anomalías que muy a menudo no se pueden percibir a simple vista , se realiza una inspección a las instalaciones eléctricas, en la cual se capturan imágenes digitales y térmicas, detectando sobrecalentamiento por tortillería floja, superficies de contacto sucias o no uniformes, soldaduras agrietadas y desbalanceo generalmente, determinando la severidad del problema.

La manera de hacer el análisis es sencilla ya que se utiliza como una cámara digital, simplemente deben tomarse las fotografías de los tableros y buscar puntos calientes, regularmente estos puntos calientes representan problemas en el tablero.

Se deben buscar puntos de comparación en el caso en que existen varias piezas iguales, como por ejemplo, fusibles. Entre estas piezas iguales se puede comparar y determinar si alguno de ellos está fallando en el caso que se vean puntos calientes, un ejemplo se visualiza en la siguiente gráfica.

Figura 31. **Ejemplo de puntos calientes en tableros eléctricos o electrónicos**



Fuente: Tablero auxiliar área técnica 2, planta de Bayer, S.A. Guatemala.

2.2.10. Mediciones

Ahora que se tiene el conocimiento básico para realizar los estudios, ultrasónico y termográfico, se procede a realizar las mediciones en los puntos que ya fueron escogidos anteriormente.

2.2.10.1. Medición de todos los puntos señalizados

Para la medición inicial de los puntos escogidos, se utilizaron formatos de recopilación de información que se muestran en puntos posteriores a este. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de la primera medición.

Figura 32. **Detección de fugas de aire comprimido en áreas técnicas**

Inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido						
Fuga No.	Máquina	Localización	presión en el sistema (psi)	Sensibilidad de equipo	Medición (dB)	fotografía No.
1	Compresor Atlas Copco Area AT1	Llave reguladora de salida	100	40	54	15
2	Deshumificador Cargo Care efervecente AT1	Dentro de intercambiador de calor	115	60	45	17
3	Anke de estándar AT1	Union de tuberia aire comprimido	100	50	50	19
4	Anke de estándar AT1	Entre los actuadores	100	50	40	20
5	Anke de efervecentes AT3	Entre los actuadores	100	40	70	21
6	O'Hara AT3	Conexión para entrada de aire	100	50	40	24
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Fecha: _____
 Realizado por: Ricardo Rodriguez
 Verificado por: Diego Ruiz

Observaciones: el estudio es realizado en las áreas técnicas

la fuga 2 es de vapor

Fuente: elaboración propia.

Figura 33.

Detección de fugas de aire comprimido dentro de área de producción

Inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido						
Fuga No.	Máquina	Localización	Presión en el sistema (psi)	Sensibilidad de equipo	Medición (dB)	Fotografía No.
1	Noack 920	Conector para pistola de aire comprimido	100	66	56	31
2	Cuarto línea Fette	Suministro en pared del cuarto de maquina Fette	87	50	40	33
3	Tableteadora Fette	Conector de máquina al suministro de aire comprimido	87	50	52	34
4	Selladora Utilia 2	Tubería de aire comprimido de selladora	35	60	32	36
5	Selladora Utilia 2	Cerca del deposito de grasa	Desconocido	40	95	37
6	Despolvador kramer	Conexiones de ingreso al desempolvador	87	40	70	38
7	Siebler 2	Conexión de selladora a suministro	115	50	72	40
8	Siebler 2	Manquera de selladora	115	50	70	43
9	Siebler 1	Codo conector	105	40	71	44
10	Horno Glat	Actuador neumático	100	50	60	47
11	Horno Fitz Mill	Válvula	65	50	47	41
12	Horno Fitz Mill	Posible fuga dentro de cubierta	Desconocido	70	32	43
13	Tamiz AZO 2	Conexión al suministro de aire	115	40	60	47
14	Tamiz AZO 1	Conexión al suministro de aire	115	40	50	49
15	Dosificador 1	Conector aire comprimido en 3	Desconocido	50	53	51
16	Dosificador 1	Conector en aire comprimido 2	Desconocido	50	52	53
17	Dosificador 2	Conector cerca de balanza de mayores	Desconocido	40	62	55
18	Pesaje de mayores 2	Conector en la parte superior	Desconocido	50	37	57
19	Area de formulación	Línea en pared	115	40	50	61
20						

Fecha: _____
 Realizado por: Ricardo Rodriguez
 Verificado por: Diego Ruiz

Observaciones: este estudio fue realizado dentro de las áreas de producción

la fuga 2 es de vapor

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Prueba de funcionamiento de las trampas de vapor

Inspección de ultrasonido para trampas de vapor												
Trampa	Tipo de trampa	fecha: _____										
		Muestreo 1 (Db)	Muestreo 2 (Db)	Muestreo 3 (Db)	Muestreo 4 (Db)							
		Cerrada	Abierta	Cerrada								
1	Balde invertido	6	12									
2	Balde invertido	6	13									
3	Balde invertido	6	11									
4	Balde invertido	7	13									
5	Termodinámica	4	15									
6	Balde invertido	7	13									
7	Balde invertido	7	12									
8	Balde invertido	7	12									
9	Balde invertido	7	14									
10	Balde invertido	7	13									
11	Termodinámica	4	16									
12	Balde invertido	6	12									
13	Trampa de flotador o flote	2	3									
14	Termodinámica	4	15									
15	Balde invertido	6	13									
16	Balde invertido	6	13									
17	Termodinámica	4	15									
18	Balde invertido	5	13									
19	Balde invertido	5	13									
20	Termodinámica	4	15									
21	Balde invertido	13	12									

Realizado por: _____	Ricardo Rodríguez
Verificado por: _____	Diego Ruiz
Observaciones	la trampa de vapor 21 esta abierta todo el tiempo debe ser cambiada

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Estudio de termografía en tableros eléctricos y electrónicos**

Inspección de tableros eléctricos y electrónicos con termografía				
Tablero No.	Máquina	Línea de producción	Puntos calientes Si / No	Imagen No.
1	Tablero Noack 920	Línea de producción 7	No	33
2	Tablero Utila 1	Línea de producción 5	Si	35
3	Tablero Utila 2	Línea de producción 6	No	38
4	Tablero IMA	Línea de producción 4	No	41
5	Tablero Siebler 1	Línea de producción 3	Si	43
6	Tablero Siebler 2	Línea de producción 2	No	47
7	Tablero S250	Línea de producción 1	No	50
Fecha: _____				
Realizado por: <u>Ricardo Rodríguez</u>				
Verificado por: <u>Diego Ruiz</u>				
Observaciones: todos los tableros se encuentran en buen estado				
a excepción del tablero Siebler 1, presenta un punto caliente que puede significar una sobrecarga				
en ese punto y el tablero de la utila 1				

Fuente: elaboración propia.

2.2.10.2. Registro de todos los datos obtenidos para su análisis

Los datos han quedado registrados en los equipos de ultrasonido y termografía, por esta razón es necesario descargar los datos obtenidos al programa computarizado SPECTRALYZER y ULTRATREND. Este es el programa que viene gratis con el equipo de ultrasonido.

En el caso de termografía también se cuenta con el programa computarizado para registro de las imágenes llamado *Fluke SmartView*.

Con los datos registrados en los dos programas computarizados se procede a elaborar un reporte de resultados, el cual puede ser presentado en una hoja de cálculo de Excel, Word o Powerpoint para que el encargado de cada área (jefe de mantenimiento mecánico, jefe de mantenimiento eléctrico y electrónico y jefe de áreas técnicas) que es la persona con mayor conocimiento analice los datos obtenidos.

2.2.10.3. Reporte inicial de resultados

Como se mencionó anteriormente el reporte de resultado puede ser presentado a los encargados de área en cualquier formato, pero siempre tiene que cumplir con los siguientes datos:

- Fecha.
- Nombre del inspector.
- Condiciones de la prueba.
- Detallada descripción de la medición.
- Localización de la medición.

El factor más importante involucrado en los reportes de una prueba es reportar la información en suficiente detalle para que la prueba pueda ser repetida si es necesario. Los datos que se obtienen de repetir la medición van a ser básicamente semejantes o peores.

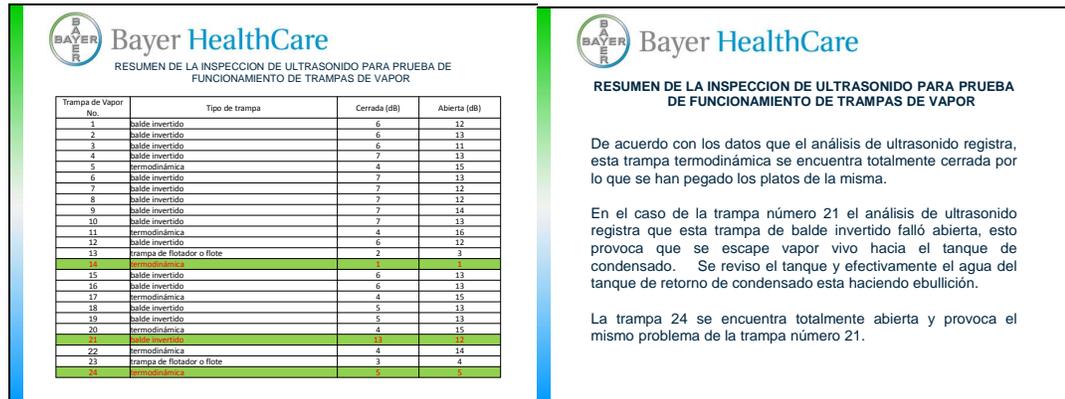
En las figuras siguientes se muestran los datos obtenidos del primer muestreo de ultrasonido y termografía en un reporte, simplemente se muestran algunas diapositivas, toda la presentación se encuentra en los anexos.

Figura 36. **Ejemplo de reporte de fugas de aire comprimido localizadas por medio de ultrasonido**



Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Ejemplo de reporte de prueba de trampas de vapor por medio de ultrasonido



Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Ejemplo de reporte de termografía para tableros eléctricos y electrónicos



Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Análisis de los resultados

En esta parte del proceso se realiza una análisis de todos los datos obtenidos en el estudio y se generan hipótesis.

2.2.11.1. Comparación de los resultados con parámetros de funcionamiento normal

Luego de tener los resultados en un reporte de resultados, se procede a analizar los datos obtenidos comparándolo con datos históricos. Los parámetros de funcionamiento normal de las maquinarias o sistemas analizados siempre varían, de acuerdo con las condiciones de trabajo y diseños de cada una.

En el caso particular de este proyecto los registros históricos se crearan a partir del primer muestreo y con el registro constante de las inspecciones que se realicen posteriormente.

Para las fugas de aire comprimido no se necesitan registros históricos, ya que estas se encuentran y se reparan luego de la inspección.

Con el estudio termográfico sucede lo mismo, se guardarán fotografías termográficas de los tableros cuando estos están en buen funcionamiento y estas imágenes servirán para comparar posteriormente con los nuevos muestreos.

En el caso de las fugas de aire comprimido se pueden justificar la compra de repuestos para reemplazar piezas malas, puede hacerse un cálculo de las pérdidas que se están teniendo por las fugas encontradas. En este caso este cálculo no fue requerido por contar con los repuestos necesarios para realizar las reparaciones pertinentes.

2.2.11.2. Generación de una línea base o de control para las mediciones posteriores

La generación de una línea base o de control de las mediciones que se han tomado, sirve para poder hacer futuras comparaciones con análisis posteriores o simplemente para tener un control de cómo se comportan los sistemas o maquinarias durante el paso del tiempo.

Como se ha visto anteriormente en el caso de las fugas de aire comprimido, no es necesaria una línea de control dado que al encontrar una fuga esta será reparada a la brevedad y no es necesario compararla con ningún otro análisis.

La línea base o de control para un análisis de termografía son una serie de fotografías de cada tablero con un funcionamiento normal, fotografía en la cual no se encuentren puntos calientes, que son los puntos en que se encuentran sobrecargas o fallos.

Para las trampas de vapor se genera una gráfica de ultrasonido cuando una trampa se encuentra en buen estado se puede utilizar para compararla con futuros ensayos en los cuales se tengan dudas.

2.2.12. Control y registro

En todo 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.

2.2.12.1. Hojas de verificación para la comprobación de los muestreos

Se crearon tres hojas de verificación diferentes para llevar a cabo los análisis de ultrasonido y termografía. Una para la inspección de fugas de aire comprimido figura 39, una para la inspección del funcionamiento de las trampas de vapor figura 40 y finalmente una para el registro de la inspección de los tableros eléctricos y electrónicos de más máquinas de las líneas de producción figura 41.

Figura 39. Hoja de inspección para fugas de aire comprimido

Inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido					
Fuga No.	Máquina	Localización	Presión en el sistema	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.

Figura 40. Hoja de inspección para trampas de vapor

Inspección de ultrasonido para trampas de vapor												
Trampa de Vapor No.	Tipo de trampa	fecha: _____		fecha: _____		fecha: _____		fecha: _____		fecha: _____		
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Cerrada (dB)	Abierta (dB)	Cerrada (dB)	Abierta (dB)	Cerrada (dB)	Abierta (dB)
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
Observaciones												

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Hoja de verificación para tableros eléctricos y electrónicos**

Inspección de tableros eléctricos y electrónicos con termografía				
Tablero No.	Máquina	Línea de producción	Puntos calientes Si / No	Imagen No.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
Observaciones: _____			Fecha: _____	
			Realizado por: _____	
			Verificado por: _____	

Fuente: elaboración propia.

2.2.12.2. Procedimiento para hacer las mediciones

Los procedimientos que se presentan son fáciles de llevar a cabo, esto se debe a que el personal que será encargado de realizar los muestreos estará capacitado para realizar el muestreo, más no, para analizar los datos.

Para el análisis es necesario tener un conocimiento más profundo de los sistemas.

En la tabla IX se muestra el procedimiento para llevar a cabo una inspección de fugas de aire comprimido por medio de ultrasonido expandido en aire, en forma de lista y en la figura 42 el diagrama del mismo proceso.

Tabla IX. **Procedimiento para realizar una inspección de fugas de aire comprimido por medio de ultrasonido**

Procedimiento para efectuar inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido	
Paso No.	Descripción
1	Verifique que el equipo de ultrasonido esté con carga completa
2	Verifique el funcionamiento del módulo escáner trisónico con el generador de tono.
3	Coloque la frecuencia del equipo de ultrasonido en 40 kHz y la sensibilidad al máximo.
4	Proceda utilizando el método de escaneo de grueso a fino siguiendo la ruta descrita en el plano de ruta.
5	Cuando localice un sonido de fuga proceda a verificar la ubicación de la misma.
6	Registre la información de la fuga en la hoja de inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido.
7	Marque con una etiqueta roja el punto donde se encontró la fuga
8	Al terminar el recorrido, descargue toda la información al programa computarizado SPECTRALYZER.
9	Al contar con los datos de la inspección de trampas de vapor y la termográfica, prepare el informe de resultados.

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Diagrama de flujo del proceso para realizar una inspección de fugas de aire comprimido por medio de ultrasonido

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO							
Ubicación:	Área de análisis	RESUMEN					
Actividad:	Procedimiento para efectuar inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido.	Símbolo	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorro	
Fecha:	-	○	Operación		6		
Operarios:	1	⇒	Transporte		0		
Analista:	Ricardo Rodriguez	D	Demora		0		
Método:	Propuesto	□	Inspección		2		
Comentarios: Todo el proceso se elabora en secuencia continua		▽	Almacenaje		1		
			Tiempo (min)				
			Distancia (metros)				
			Costo				
Descripción de la actividad		Símbolo			Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Método recomendado
Verifique que el equipo de ultrasonido este con carga completa		○ ⇒ D □ ▽					
verifique el funcionamiento del módulo escáner trisónico con el generador de tono.		○ ⇒ D □ ▽					
Coloque la frecuencia del equipo de ultrasonido en 40 KHz y la sensibilidad al máximo.		○ ⇒ D □ ▽					
Proceda utilizando el método de escaneo de grueso a fino siguiendo la ruta descrita en el plano de ruta.		○ ⇒ D □ ▽					
Cuando localice un sonido de fuga proceda a verificar la ubicación de la misma.		○ ⇒ D □ ▽					
Registre la información de la fuga en la hoja de inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido.		○ ⇒ D □ ▽					
Marque con una etiqueta roja el punto donde se encontró la fuga		○ ⇒ D □ ▽					
Al terminar el recorrido, descargue toda la información al programa computarizado SPECTRALYZER.		○ ⇒ D □ ▽					
Al contar con los datos de la inspección de trampas de vapor y la termográfica, prepare el informe de resultados.		○ ⇒ D □ ▽					

Fuente: elaboración propia.

En la tabla X se presenta el procedimiento para efectuar una inspección de ultrasonido para verificación de trampas de vapor y el diagrama correspondiente en la figura 43.

Tabla X. **Procedimiento para efectuar inspección de ultrasonido para trampas de vapor**

Procedimiento para efectuar inspección de ultrasonido para trampas de vapor	
Paso No.	Descripción
1	Verifique que el equipo de ultrasonido este con carga completa
2	Verifique el funcionamiento del módulo de contacto colocándolo sobre una superficie plana y dándole golpecitos a la misma, debe escuchar ultrasonido.
3	Coloque la frecuencia del equipo de ultrasonido en 30 kHz y la sensibilidad al máximo.
4	Proceda a inspeccionar las 25 trampas de vapor en el orden que se le indica en el plano de recorrido para inspección de trampas de vapor.
5	Coloque el módulo de contacto sobre el punto de inspección que ya ha sido marcado previamente.
6	Espere durante 1 minuto para escuchar la descarga de la trampa de vapor.
7	Registre en la hoja de inspección de trampas de vapor por medio de ultrasonido la medición de la descarga.
8	Al terminar el recorrido, descargue toda la información al programa computarizado SPECTRALYZER.
9	Al contar con los datos de la inspección de fugas de aire comprimido y termográfica, prepare el informe de resultados.

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Diagrama de flujo del proceso para realizar una inspección de fugas de aire comprimido por medio de ultrasonido

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO						
Ubicación:	Área de análisis	RESUMEN				
Actividad:	Procedimiento para efectuar inspección de ultrasonido para trampas de vapor.	Símbolo	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorro
Fecha:	-	○	Operación		5	
Operarios:	1	⇒	Transporte		0	
Analista:	Ricardo Rodriguez	D	Demora		1	
Método:	Propuesto	□	Inspección		2	
Comentarios: Todo el proceso se elabora en secuencia continua		▽	Almacenaje		1	
			Tiempo (min)			
			Distancia (metros)			
			Costo			
Descripción de la actividad		Símbolo	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Método recomendado	
Verifique que el equipo de ultrasonido este con carga completa		○ ⇒ D □ ▽				
Verifique el funcionamiento del módulo de contacto colocándolo sobre una superficie plana y dándole golpecitos a la misma, debe escuchar ultrasonido.		○ ⇒ D □ ▽				
Coloque la frecuencia del equipo de ultrasonido en 30 KHz y la sensibilidad al máximo.		○ ⇒ D □ ▽				
Proceda a inspeccionar las 25 trampas de vapor en el orden que se le indica en el plano de recorrido para inspección de trampas de vapor.		○ ⇒ D □ ▽				
Coloque el módulo de contacto sobre el punto de inspección que ya ha sido marcado previamente.		○ ⇒ D □ ▽				
Espere durante 1 minuto para escuchar la descarga de la trampa de vapor.		○ ⇒ D □ ▽				
Registre en la hoja de inspección de trampas de vapor por medio de ultrasonido la medición de la descarga.		○ ⇒ D □ ▽				
Al terminar el recorrido, descargue toda la información al programa computarizado SPECTRALYZER.		○ ⇒ D □ ▽				
Al contar con los datos de la inspección de fugas de aire comprimido y termográfica, prepare el informe de resultados.		○ ⇒ D □ ▽				

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XI se muestra el procedimiento para efectuar inspecciones de termografía en tableros eléctricos y electrónicos y su respectivo diagrama de flujo en la figura 44.

Tabla XI. **Procedimiento para efectuar inspección de termografía en tableros eléctricos y electrónicos**

Procedimiento para efectuar inspección de termografía en tableros eléctricos y electrónicos	
Paso No.	Descripción
1	Verifique que la cámara termográfica se encuentre con carga completa.
2	Coloque el rango de temperaturas al máximo
3	Haga el recorrido establecido en el plano de recorrido
4	Tome una fotografía termográfica de cada tablero
5	Registre en la hoja de inspección de termografía para tableros eléctricos y electrónicos el número de fotografías tomadas en ese punto.
6	Descargue las fotografías en el programa computarizado para su posterior análisis.
7	Realice un informe con las fotografías tomadas para que sean analizadas por el jefe encargado del mantenimiento eléctrico y electrónico.

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Diagrama de flujo del proceso de inspección de termografía en tableros eléctricos y electrónicos

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO						
Ubicación:	Área de análisis	RESUMEN				
Actividad:	Procedimiento para efectuar inspección de termografía en tableros eléctricos y electrónicos.	Símbolo	Actividad	Actual	Propuesto	Ahorro
Fecha:	-	○	Operación		4	
Operarios:	1	⇒	Transporte		1	
Analista:	Ricardo Rodríguez	D	Demora		0	
Método:	Propuesto	□	Inspección		1	
Comentarios: Todo el proceso se elabora en secuencia continua		▽	Almacenaje		1	
			Tiempo (min)			
			Distancia (metros)			
			Costo			
Descripción de la actividad		Símbolo	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Método recomendado	
Verifique que la cámara termográfica se encuentre con carga completa		○ ⇒ D □ ▽				
Coloque el rango de temperaturas al máximo		○ ⇒ D □ ▽				
Haga el reconido establecido en el plano de reconido		○ ⇒ D □ ▽				
Tome una fotografía termográfica de cada tablero		○ ⇒ D □ ▽				
Registre en la hoja de inspección de termografía para tableros eléctricos y electrónicos el número de fotografías tomadas en ese punto.		○ ⇒ D □ ▽				
Descargue las fotografías en el programa computarizado para su posterior análisis.		○ ⇒ D □ ▽				
Realice un informe con las fotografías tomadas para que sean analizadas por el jefe encargado del mantenimiento eléctrico y electrónico.		○ ⇒ D □ ▽				

Fuente: elaboración propia

2.2.12.3. Propuesta de integración de la termografía y el ultrasonido al programa de mantenimiento de la empresa

La integración de estos dos ensayos no destructivos no puede hacerse durante el período de los mantenimientos programados, debido a que los ensayos necesitan del funcionamiento normal de la maquinaria para realizarse.

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

Se propone integrar estos ensayos al mantenimiento de la planta colocándolos en períodos intermedios o cercanos a los mantenimientos programados, esto 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.

Con respecto a las fugas de aire comprimido, para repararlas es necesario detener las máquinas por determinado tiempo 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.

Para las trampas de vapor se proponen tres análisis al año, al igual que los mencionados anteriormente deben realizarse en períodos intermedios a las fechas de realización de los mantenimientos programados para que las maquinarias estén en funcionamiento normal.

Dependiendo de los resultados obtenidos en el análisis de las trampas de vapor se puede programar otro análisis de revisión pero solo de las trampas que presenten algún tipo de fallo o dudas de fallo. Si la trampa se encuentra en mal estado la detección temprana de la misma con el ultrasonido dará la facilidad de programar el cambio durante el período de mantenimiento programado o durante un fin de semana.

2.2.12.4. Frecuencia de análisis de termografía y ultrasonido para cada maquinaria

Dado que el análisis termográfico y de ultrasonido son 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 dos veces en el año, una durante el paro que se tiene para las fechas festivas de semana santa y el segundo está programado para el paro que se tiene durante el período de diciembre.

El mejor momento para realizar los análisis de termografía y ultrasonido es en un período intermedio entre los mantenimientos programados, esto asegura 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 muestra la frecuencia con la que deben realizarse los análisis de ultrasonido y termografía.

Tabla XII. **Frecuencia de realización del análisis termográfico**

Frecuencia de análisis termográfico												
Maquinaria	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tablero eléctrico selladora Noack 920	X		X		X		X		X		X	
Frecuencia	Bimensual primer lunes del mes											
Tablero eléctrico selladora IMA	X		X		X		X		X		X	
Frecuencia	Bimensual primer lunes del mes											
Tablero eléctrico selladora Siebler 1	X		X		X		X		X		X	
Frecuencia	Bimensual primer lunes del mes											
Tablero eléctrico selladora Siebler 2	X			X			X			X		
Frecuencia	Trimestral primer lunes del mes											
Tablero eléctrico selladora Utila 1	X			X			X			X		
Frecuencia	Trimestral primer lunes del mes											
Tablero eléctrico selladora Utila 2	X			X			X			X		
Frecuencia	Trimestral primer lunes del mes											

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla XII, se ha programado un análisis termográfico para el mes de enero, esto se realiza debido a que en este mes se inician las labores del año y la maquinaria ha estado detenida durante la última quincena del mes de diciembre y pudo haber tenido algún daño.

Luego del primer análisis se programa uno trimestralmente en las máquinas que no han presentado muchos fallos a través de los años.

Para las máquinas más importantes de la empresa y en las cuales se han suscitado un mayor número de fallos, se programa el análisis bimensualmente hasta lograr una frecuencia de fallos mucho más baja, luego de esto se realizará el análisis trimestralmente.

Tabla XIII. **Frecuencia de realización del análisis de ultrasonido**

Frecuencia de análisis de ultrasonido												
Maquinaria o sistema	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sistema de aire comprimido	X					X						X
Frecuencia	meses de enero, junio y diciembre en el primer lunes del mes											
Trampas de vapor	X					X						X
Frecuencia	meses de enero, junio y diciembre en el primer lunes del mes											

Fuente: elaboración propia.

En el caso del análisis de ultrasonido, este no necesita una frecuencia semestral ya que, el objetivo de este análisis es encontrar fallas que no se suscitan con mucha frecuencia, como las fugas y el daño en trampas de vapor.

Se programa una para el mes de enero para evitar daños durante el paro que se tiene en el mes de diciembre, la mitad del año es conveniente uno más por el desgaste que los sistemas pueden tener a través de tiempo y uno más en el mes de diciembre antes de tener el paro final del año.

2.2.12.5. Base de datos MP2 para el registro de mediciones de termografía y ultrasonido

El mantenimiento es considerado hoy en día un factor estratégico cuando se busca incrementar los niveles de productividad, calidad y seguridad en una empresa. Es por ello, que una empresa que aspire a ser más competitiva y eficiente debe adoptar técnicas y sistemas que le permitan garantizar la continuidad en sus procesos productivos y uniformidad en la calidad de sus productos y servicios.

Debido a la dinámica y a la cantidad de información que se necesita tener organizada para llevar a cabo una buena gestión de mantenimiento, solo con un sistema computarizado es posible mantener accesible y al día toda esa información.

Un sistema computarizado de mantenimiento como el MP2 se encarga de informar oportunamente sobre los trabajos de mantenimiento que deben realizarse, generando historiales que permiten medir el desempeño de mantenimiento y tomar acciones para mejorarlo.

Los datos que se obtienen del análisis de termografía y ultrasonido pueden ser grabados en este programa computarizado (datos y fotografías), pero primordialmente este programa computarizado se utilizará para que se generen automáticamente las órdenes de trabajo para los análisis que deben realizarse durante el año.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO

3.1. Recopilación de información

Esta parte es de suma importancia ya que de la calidad de los datos recopilados dependerá la exactitud de cualquier estudio.

3.1.1. Proceso de cambio de formato

El proceso de cambio de formato es un proceso que se realiza para un cambio en la fabricación de un producto a otro. El cambio es simplemente informado por los encargados de producción, avisándole a los mecánicos encargados que se encuentran en el cuarto de formatos.

Para la realización se requiere de varios materiales, como las mangas que consisten en uniones de manta para la conexión del contenedor y la entrada de la tableteadora. De acuerdo con lo observado la cantidad de mangas con que se cuenta en el cuarto de formato, en algunas ocasiones no es suficiente para cumplir con el trabajo del día, por lo que en estas ocasiones se hace necesario acudir a la bodega de repuestos, la cual se encuentra en la parte exterior de la planta de producción, por lo que, se pierde un tiempo importante.

Es necesario cambiar todas las piezas móviles de la maquinaria que están en contacto con el producto, por lo que es necesario contar con todas estas piezas cerca y limpias.

Las piezas que son desmontadas en el proceso deben ser limpiadas con agua caliente y desinfectadas con alcohol etílico al 95%.

3.1.2. Actividades que realiza cada uno de los colaboradores

Para un cambio de formato se necesitan en promedio siete mecánicos para desensamblar las piezas de la máquina.

Tomando en cuenta que todos los cambios de formato en todas las máquinas son muy parecidos, se puede mencionar como ejemplo el caso de la selladora Noack 920 las actividades generales que realiza cada persona son las siguientes:

- Dos personas desmontan el rodillo de formado.
- Dos mecánicos desmontan la estación de formado.
- Un mecánico se encarga de preparar las piezas para el nuevo producto consistentes en un nuevo rodillo de formado y nuevas placas de formado.
- Dos mecánicos se encargan de esperar las piezas desensambladas y llevarlas al área de lavado para su limpieza.
- Al momento de iniciar el ensamble del nuevo formato la cantidad de personas es la misma, la diferencia es que las personas encargadas de preparar el nuevo formato regularmente son enviadas a desempeñar otras labores.

Uno de los puntos que se ha observado en este proceso, es que solo personal del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento participan en este proceso, por ello genera muchas veces problemas con la disponibilidad de personal.

3.1.3. Situaciones previas a un cambio de formato

Regularmente los cambios de formato no son programados, en muchas ocasiones, estos se dan por falta de materiales en la fabricación de otro producto (cartones, expedidores y cinta de sellado).

Previo a un cambio de formato se debería contar con el personal suficiente para efectuarlo, sin embargo, los cambios de formato se dan cuando se está realizando alguna reparación de maquinaria o cuando el personal de mecánicos del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento se encuentra distribuido por todas las líneas de producción resolviendo problemas de ajustes.

Otro aspecto importante en este proceso, es el rol que juegan los operadores de las maquinarias, que durante el cambio de formato no están capacitados para realizar alguna de las actividades del proceso.

En muchas ocasiones se han tenido problemas también con la cantidad de suministros, específicamente la cantidad de mangas (unión entre contenedor de polvo de producto y maquinaria) disponibles para los cambios de formato, problema que es fácil de eliminar teniendo una cantidad mayor de mangas en la bodega de repuestos.

Existen además de lo anterior fallos en el suministro de aire comprimido, esto debido a pérdidas de presión por fugas en las líneas de aire comprimido y el tiempo para localizar una fuga es muchas veces extenso, dificultando así un cambio de formato.

3.1.4. Requerimientos para realizar un cambio de formato

Según informes proporcionados por el jefe encargado del mantenimiento y cambios de formatos de la planta de producción, es requerido para el cambio de formato un tiempo aproximado de cinco horas.

Se requiere de un suministro de agua a setenta grados centígrados de temperatura y una presión de aire comprimido de 115 PSI para facilitar el secado de las piezas lavadas. Si la temperatura antes mencionada es mayor, existe mucha dificultad para el personal debido a que puede sufrir quemaduras.

Se requiere hasta el momento de un mínimo de siete personas para realizar el cambio de formato dentro del promedio de tiempo de cinco horas.

Disponibilidad de herramientas para desensamblar y ensamblar la maquinaria.

En resumen, lo requerido para realizar un cambio de formato son necesarios los suministros de limpieza, herramientas, disponibilidad de personal y una buena aplicación de estos recursos.

3.1.5. Descripción del área del cuarto de formatos

Actualmente, el área del cuarto de formatos se encuentra dentro de la planta de producción, frente a las líneas de producción. Esto facilita los cambios de formato dado que todo se tiene a la mano y puede obtenerse dentro de un corto tiempo.

Las piezas que son reemplazadas en un cambio de formato se encuentran bien identificadas y ordenadas, de acuerdo con la máquina a la que pertenecen y se encuentran ubicadas por grupos.

Dentro del cuarto de formatos también se encuentra almacenada la herramienta necesaria para realizar el cambio de formato y los protocolos en los cuales se describe que grupo de piezas se utiliza para la fabricación de cada uno de los productos.

Uno de los problemas detectados en el cuarto de formatos, es la capacidad del área para almacenamiento ya que dentro de este cuarto también se encuentran los escritorios de los dos supervisores de mecánicos, reduciendo de esta manera el espacio para el almacenamiento de las piezas y herramientas.

3.1.6. Herramientas utilizadas en un cambio de formato

En lo que se refiere a la herramienta para realizar el cambio de formato se cuenta con un grupo de llaves especiales para cada maquinaria, existen algunos problemas en lo que se refiere a este tema, debido a que algunas de estas herramientas se han perdido y se debe utilizar herramienta de otra maquinaria para realizar el cambio de formato.

3.2. Estudio de tiempos

Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Se deben compaginar las mejores técnicas y habilidades disponibles con el fin de lograr una eficiente relación hombre-máquina. Una vez que se establece un método, la responsabilidad de determinar el tiempo requerido para fabricar el producto queda dentro del alcance de este trabajo.

También está incluida la responsabilidad de vigilar que se cumplan las normas o estándares predeterminados y de que los trabajadores sean retribuidos adecuadamente según su rendimiento.

Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la reparación del trabajo en diversas operaciones, el análisis de cada una de estas para determinar los procedimientos de manufactura más económicos según la producción considerada, la utilización de los tiempos apropiados y finalmente, las acciones necesarias para asegurar que el método prescrito sea puesto en operación cabalmente.

3.2.1. Estudio de tiempos con cronómetro

Un estudio de tiempos con cronómetro se lleva a cabo cuando:

- Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea.

- Cuando hay quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo de una operación.
- Demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- Pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos.
- Se encuentran bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas.

3.2.1.1. Pasos básicos para realizar un estudio de tiempos con cronómetro

El estudio de tiempos exige cierto material fundamental como: un cronómetro o tabla de tiempos, una hoja de observaciones, formularios de estudio de tiempos y una tabla electrónica de tiempos.

La realización de un estudio de tiempos con cronómetro es un proceso y como tal deben seguirse algunos lineamientos básicos que se presentan a continuación:

- Preparación
 - ✓ Selección de la operación: la operación que ha sido escogida, es el proceso de cambio de formato que muestra deficiencias.

- ✓ Selección del trabajador: dado que, es un proceso bastante largo y complejo el personal escogido, es el personal que se encarga de los cambios de formato actualmente siendo siete personas.
- ✓ Realización de un análisis de comprobación del método de trabajo: se refiere a que el proceso que se va a estudiar debe estar normalizado, en el caso de la planta de producción de la división *Consumer Care* de Bayer, S.A., cuenta con procedimientos escritos para todos sus procesos, por lo que se concluye que el proceso que se va a medir se encuentra normalizado.
- ✓ Establecimiento de una actitud frente al trabajador: se debe efectuar una reunión informativa con el personal encargado del proceso de cambio de formato, se les explica cómo funciona un estudio de tiempos y se les solicita su colaboración para participar en el mismo, realizando sus actividades de la manera más normal y con la misma velocidad.
- Ejecución a partir de esta parte, cada uno de los pasos se irá explicando de mejor manera más adelante.
 - ✓ Obtener y registrar la información.
 - ✓ Dividir la tarea en elementos.
 - ✓ Cronometrar cada elemento.
 - ✓ Calculo del tiempo observado.

- Valoración
 - ✓ Valoración del ritmo normal del trabajador promedio.
 - ✓ Aplicación de las técnicas de valoración.
 - ✓ Calculo el tiempo base o el tiempo valorado.

- Suplementos
 - ✓ Análisis de demoras.
 - ✓ Estudio de fatiga.
 - ✓ Cálculo de suplementos y sus tolerancias.

- Tiempo estándar
 - ✓ Error de tiempo estándar.
 - ✓ Cálculo de frecuencia de los elementos.
 - ✓ Determinación de tiempos de interferencia.
 - ✓ Cálculo de tiempo estándar.

3.2.2. Tiempo estándar

Este tiempo es el resultado que se obtiene de un trabajo arduo en la recopilación de información de un proceso, a continuación se explican las características principales del tiempo estándar y la forma en que ayuda a hacer eficientes los procesos.

3.2.2.1. Definición

Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, utilizando método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado, adiestrado y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.

3.2.2.2. Aplicaciones del tiempo estándar

- Para determinar el salario devengable por esa tarea específica: solo es necesario convertir el tiempo en valor monetario.
- Ayuda a la planeación de la producción: los problemas de producción y de ventas podrán basarse en los tiempos estándares después de haber aplicado la medición del trabajo de los procesos respectivos, eliminando una planeación defectuosa basada en las conjeturas o adivinanzas.

- Facilita la supervisión: para un supervisor cuyo trabajo está relacionado con hombres, materiales, máquinas, herramientas y métodos; los tiempos de producción le servirán para lograr la coordinación de todos los elementos, sirviéndole como un patrón para medir la eficiencia productiva de su departamento.
- Es una herramienta que ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos: además, de indicar lo que puede producirse en un día normal de trabajo, ayuda a mejorar los estándares de calidad.
- Ayuda a establecer las cargas de trabajo: facilita la coordinación entre los obreros y las máquinas y proporciona a la gerencia bases para inversiones futuras en maquinaria y equipo en caso de expansión.
- Ayuda a formular un sistema de costo estándar: el tiempo estándar al ser multiplicado por la cuota fijada por hora, proporciona el costo de mano de obra directa por pieza.
- Proporciona costos estimados: los tiempos estándar de mano de obra, presupuestarán el costo de los artículos que se planean producir y cuyas operaciones serán semejantes a las actuales.
- Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control: se eliminan conjeturas sobre la cantidad de producción y permite establecer políticas firmes de incentivos a obreros que ayudarán a incrementar sus salarios y mejorar su nivel de vida; la empresa estará en mejor situación dentro de la competencia, pues se encontrará en posibilidad de aumentar su producción reduciendo costos unitarios.

- Ayuda a entrenar a nuevos trabajadores: los tiempos estándar serán parámetro que mostrará a los supervisores la forma como los nuevos trabajadores aumentan su habilidad en los métodos de trabajo.

3.2.2.3. Ventajas de la aplicación de los tiempos estándar

Reducción de los costos; al descartar el trabajo improductivo y los tiempos ociosos, la razón de rapidez de producción es mayor, es decir, se produce un mayor número de unidades en el mismo tiempo.

Mejora de las condiciones obreras; los tiempos estándar permiten establecer sistemas de pagos de salarios con incentivos, en los cuales los obreros, al producir un número de unidades superiores a la cantidad obtenida a la velocidad normal, perciben una remuneración extra.

3.2.3. Tiempo cronometrado

Este tiempo es muy importante, de la calidad de estos tiempos obtenidos depende la calidad de todo el estudio.

3.2.3.1. Definición

“El tiempo real se define como el tiempo medio del elemento empleado realmente por el operario durante un estudio de tiempos”⁴.

⁴ Niebel, B., Ingeniería Industrial; Métodos, tiempos y movimientos, 2^a ed, México, 1980.

3.2.4. Tiempo normal

A continuación se presentan las características básicas del tiempo normal, así como, la manera de calcularlo.

3.2.4.1. Definición

“La definición de tiempo normal se describe como el tiempo requerido por el operario normal o estándar para realizar la operación cuando trabaja con velocidad estándar, sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables”⁵.

3.2.4.2. Generalidades

Mientras el observador del estudio de tiempos está realizando un estudio, se fijará, con todo cuidado, en la actuación del operario durante el curso del mismo.

Muy rara vez esta actuación será conforme a la definición exacta de lo que es la normal o llamada a veces también estándar. De aquí se desprende que es esencial hacer algún ajuste al tiempo medio observado con el fin de determinar el tiempo que se requiere para que un individuo normal ejecute el trabajo a un ritmo normal.

⁵Monografías, “Estudio de tiempos”. < <http://www.monografias.com/trabajos27/estudio-tiempos/estudio-tiempos.shtml>>. [Consulta: en septiembre 2010].

El tiempo real que emplea un operario superior al estándar para desarrollar una actividad, debe aumentarse para igualarlo al del trabajador normal; del mismo modo, el tiempo que requiere un operario inferior estándar para desarrollar una actividad, debe aumentarse para igualarlo al del trabajador normal; del mismo modo, el tiempo que requiere un operario inferior al estándar debe reducirse al valor representativo de la actuación normal.

Solo de esta manera es posible establecer un estándar verdadero en función de un operario normal.

3.2.4.3. Cálculo de tiempo normal

El tiempo normal (T_n) es el que un operario calificado se toma para ejecutar una tarea y se obtiene como resultado de la multiplicación del tiempo medio observado (T_c) por un porcentaje de calificación.

$$T_n = T_c * (1 + F_c)$$

Donde F_c = calificación o factor de desempeño expresada como porcentaje.

Los sistemas que existen para calificar el desempeño del operario se describen a continuación:

- Por fórmulas estadísticas: estos procedimientos se aplican cuando se pueden realizar gran número de observaciones, pues cuando el número de estas es limitado y pequeño, se utiliza para el cálculo del tiempo normal representativo la medida aritmética de las mediciones efectuadas.

- Por medio del ábaco de Lifson: es una aplicación gráfica del método estadístico para un número fijo de mediciones $n = 10$. La desviación típica se sustituye por un factor B, que se calcula:

$$B = \frac{S - I}{S + I}$$

Siendo S = el tiempo superior

I = el tiempo inferior

- Por medio del criterio de la General Electric
- Por medio del criterio de las tablas Westinghouse (método utilizado en este proyecto):este es uno de los sistemas de calificación más aplicados y antiguos, desarrollado por la Westinghouse Electric Corporation. Considera cuatro factores para la evaluación del desempeño: Habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

Con el transcurso del tiempo la habilidad de un operario aumenta pues se familiariza con el trabajo y llega a alcanzar un ritmo estable y eficiente de desempeño, pero se da el caso en que la habilidad también puede disminuir debido a un impedimento en las aptitudes del operario debido a factores físicos o psicológicos como pérdida de la vista, pérdida de la fuerza o coordinación muscular, entre otros.

El sistema Westinghouse numera seis grados o clases de habilidad que representan un grado de competencia aceptable para la evaluación: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior. El observador evalúa la habilidad que demuestra el operario y la clasifica en una de estas seis clases, después se traduce la calificación a su valor porcentual (V.P.), según lo ilustra la Figura 45 y los cuales van desde +15% para la habilidad superior a -22% para la pésima.⁶

Figura 45. **Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse**

V.P.	Nomenclatura	GRADO
0.15	A1	Superior
b0.13	A2	Superior
0.11	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Malo
-0.22	F2	Malo

Fuente: Niebel W. Benjamin. Ingeniería Industrial. p 415.

El esfuerzo es considerado por el sistema Westinghouse como una “demostración de la voluntad para trabajar con efectividad”⁷. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad y el operario puede controlarla en un grado alto.

⁶ y ⁷ Niebel W. Benjamin. Ingeniería Industrial, 11ª ed. abril 2004, “El sistema westinghouse, p. 415.

Las seis clases de esfuerzo para asignar calificaciones son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y excesivo, siendo los valores porcentuales de cada uno, según la siguiente figura:

Figura 46. **Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse**

V.P.	Nomenclatura	GRADO
0.13	A1	Excesivo
0.12	A2	excesivo
0.10	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.05	C1	Bueno
0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: Niebel W. Benjamin. Ingeniería Industrial. p. 416.

Las condiciones que se consideran en este sistema son las que afectan al operario y no a la operación. Los elementos que afectan las condiciones de trabajo incluyen temperatura, ventilación, luz y ruido. Los factores que afectan la operación y que se encuentran en malas condiciones no se consideran para la determinación del factor de desempeño.

Las seis clases generales de condiciones son: ideal, excelente, bueno, promedio, aceptable y malo, siendo sus valores porcentuales equivalentes los que se muestran en la figura siguiente:

Figura 47. **Sistema de calificación de condiciones Westinghouse**

V.P.	Nomenclatura	GRADO
0.06	A	Ideal
0.04	B	Excelente
0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: Niebel W. Benjamin. Ingeniería Industrial. p. 416.

El último factor que afecta el factor de desempeño es la consistencia que demuestra el operario al efectuar la operación repetidas veces. Si el tiempo que se observa para un elemento es constante, habrá consistencia perfecta.

Esto se da en raras ocasiones, pues casi siempre se presentan variaciones en la operación debido al deterioro de la vida útil de las herramientas y equipos, al desgaste físico del operario y a las equivocaciones en las lecturas de cronómetro al momento de realizar el estudio de tiempos.

Las seis clases de consistencia son: perfecta, excelente, buena, promedio, aceptable y mala y sus valores porcentuales equivalentes se muestran en la figura siguiente:

Figura 48. **Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse**

V.P.	Nomenclatura	GRADO
0.04	A	Perfecta
0.03	B	Excelente
0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

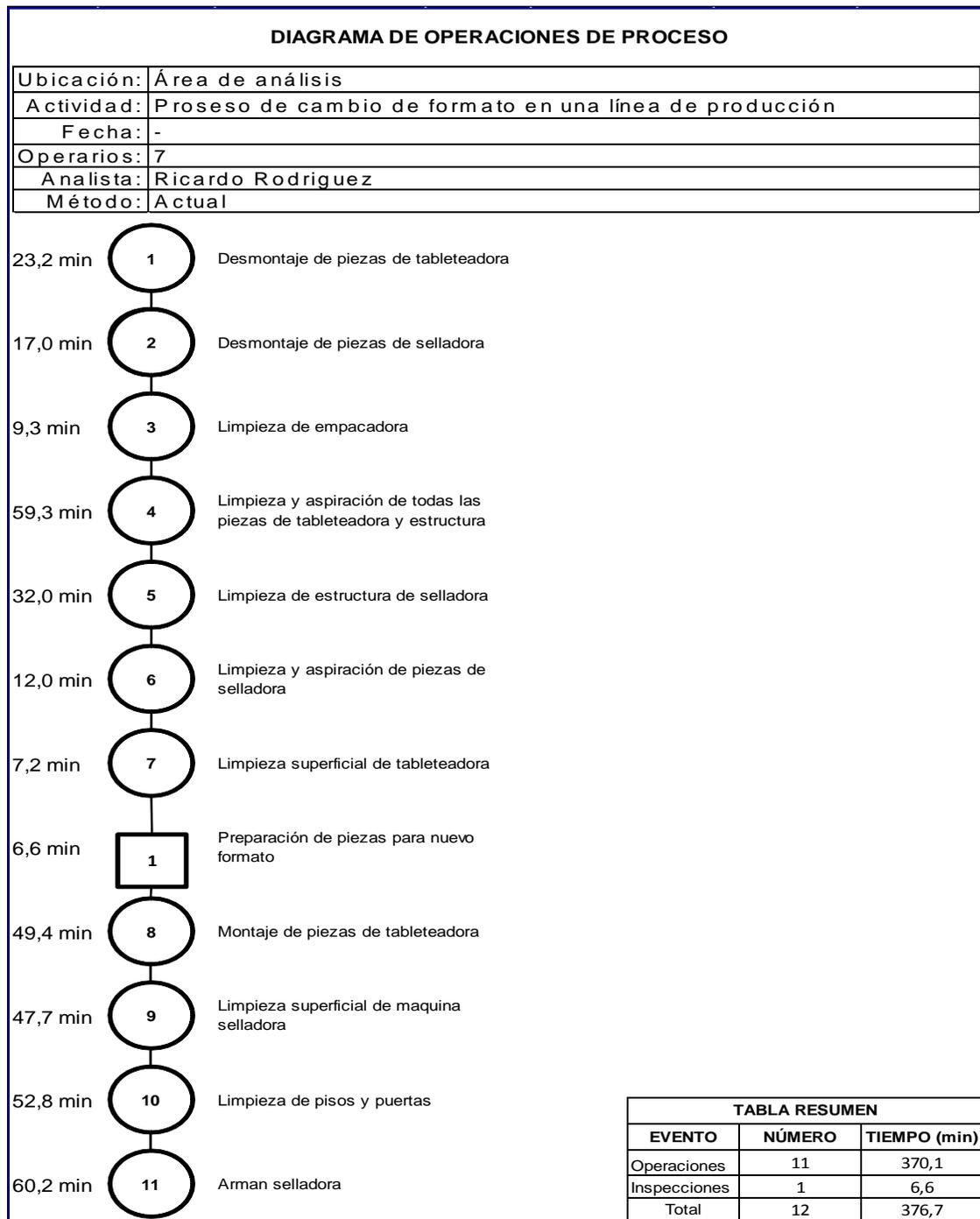
Fuente: Niebel W. Benjamin. Ingeniería Industrial. p. 417.

Después de haber asignado una calificación en cada uno de los cuatro factores (habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia) y haber obtenido el valor porcentual, se procede a sumarlos algebraicamente, sumando además la unidad para obtener el factor de desempeño global (C). Este sistema se aplica solo a los elementos realizados en forma manual, todos los elementos controlados por máquinas se califican con 100%.

3.2.5. Diagrama de proceso

En la figura 49 se muestra el diagrama de proceso actual en la planta de producción para el cambio de formato.

Figura 49. Diagrama de proceso actual del cambio de formato



Fuente: elaboración propia.

3.2.6. División del proceso de cambio de formato en elementos fácilmente medibles

Debido a que el proceso de cambio de formato es un proceso de más de cuatro horas de duración y cada una de las partes del proceso tienen un alto grado de dificultad. Los elementos se han dividido en partes fáciles de identificar y medir.

En la siguiente tabla se muestran los elementos en los que se ha dividido el proceso del cambio de formato para su estudio.

Tabla XIV. **División de elementos del proceso de cambio de formato para estudio de tiempos**

Elementos del cambio de formato
Desmontaje piezas de tableteadora
Desmontaje piezas de selladora
Limpieza de empacadora
Limpieza y aspiración de de todas las piezas de tableteadora y estructura
Limpieza de estructura de selladora
Limpieza y aspiración de piezas de selladora
Limpieza superficial de máquina tableteadora
Preparación de piezas para el nuevo formato
Montaje de piezas de tableteadora
Limpieza superficial de máquina selladora
Limpieza de pisos y puertas
Arman selladora

Fuente: elaboración propia.

3.2.7. Cálculo del número de muestras

Determinar cuántos ciclos se van a estudiar para llegar a un estándar justo es un tema que ha causado polémica entre los analistas de estudio de tiempos, al igual que entre los representantes del sindicato.

Como la actividad de una tarea y su tiempo de ciclo influyen en el número de ciclos que se pueden estudiar, desde el punto de vista económico, el analista no puede estar gobernado de manera absoluta por la práctica estadística que demanda cierto tamaño de muestra basado en la dispersión de las lecturas individuales del elemento.

Con base a lo anterior y de acuerdo con lo solicitado por el gerente del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, el método utilizado para el cálculo del número de muestra se definió utilizar las tablas de la General Electric, la cual da como resultado un número de muestra de tres (figura 50) debido a que, el tiempo de ciclo es mayor a cuatro horas.

Figura 50. **Número recomendado de ciclos de observación o muestras**

Tiempo de Ciclo en min.	Número Recomendado de Ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	5
40.00 ó más	3

Fuente: Niebel W. Benjamin. Ingeniería Industrial. p 393.

3.2.8. Toma de tiempos

En el caso de este proyecto se decidió analizar las tres líneas más importantes para la planta de producción, estas líneas son las que representan un total del 75% de la producción total con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción de la planta.

En las siguientes figuras se muestran los tres análisis realizados.

Figura 51. Toma de tiempos para cambio de formato de línea 1 Tabcín AN a A/N

Estudio número: 1	Fecha:		Colaboradores:		Arman selladora																			
			JOSE JUAREZ SEBASTIAN VELASQUEZ RUDY MALDONADO CARLOS VELASQUEZ ERGIL HERRERA JUAN GUBUR EDGAR CULAJAY																					
Operación: cambio de formato Línea 1 Tabcín AN a A/N																								
Observador: Ricardo Rodríguez																								
No. de muestra	Desmontaje piezas de tableteadora		Desmontaje piezas de selladora		Limpieza de empaedora		Limpieza y aspiración de de todas las piezas de tableteadora y estructura de selladora		Limpieza superficial de maquina tableteadora		Preparación de piezas para el nuevo formato		Montaje de piezas de tableteadora		Limpieza superficial de maquina selladora		Limpieza de pisos y puertas		Arman selladora					
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T				
1	24	24	40	16	50	10	116	66	150	34	162,3	12,3	170,3	8	177,3	7	226,3	49	275,3	49	329,3	54	391,4	62,1
2	22,5	22,5	45	17,8	53,3	8,3	107,9	54,6	138	30,1	149,1	11,1	156,3	7,2	162,4	6,1	212,9	50,5	258,4	45,5	309	50,6	367,4	58,4
3	23,1	23,1	46,2	17,2	55,7	9,5	113	57,3	145	32	157,5	12,5	164	6,5	170,8	6,8	219,4	48,6	268,1	48,7	322	53,9	382,1	60,1
RESUMEN:																								
SUMA		69,6	51	27,8	177,9	96,1	35,9	21,7	19,9	148,1	143,2	158,5	180,6											
TIEMPO PROMEDIO		23,2	17,0	9,3	59,3	32,0	12,0	7,2	6,6	49,4	47,7	52,8	60,2											
TIEMPO CRONOMETRADO		376,8		Minutos		Horas																		
		6,3																						

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. Toma de tiempos para cambio de formato de línea Noack 920 Alka AD a Cardioaspirina

Estudio número: 2	Fecha:		Colaboradores:		Observador:																				
	JULIO CHAVEZ		JULIO BOY		Ricardo Rodríguez																				
L	T	Desmontaje piezas de selladora		Limpieza de empacadora		Limpieza y aspiración de selladora y estructura de todas las piezas de		Preparación de piezas para el nuevo formato		Montaje de piezas de selladora		Preparación de material de empaque para nuevo formato		Limpieza de pisos y puertas de selladora y empacadora		Colocación de materiales para nuevo formato		Programación de selladora y empacadora para nuevo formato		Ajustes previos al inicio de producción		Limpieza general del área de trabajo			
		L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
1	35,2	35,2	75,7	40,5	108,3	32,6	128,4	20,1	172	43,7	190,4	18,3	215,1	25	247,5	32,4	297,8	50,3	333,6	35,8	362,9	29,3	362,9	29,3	
2	34,1	34,1	68,2	40,3	100,1	31,9	120,4	20,3	163	42,9	181,7	18,4	206,8	25	238,9	32,1	288,8	49,9	324,8	36	353,9	29,1	353,9	29,1	
3	35,7	35,7	71,4	40,6	103,7	32,3	123,5	19,8	167	43,8	185,4	18,1	210,3	25	242,9	32,6	293	50,1	328,9	35,9	358,2	29,3	358,2	29,3	
RESUMEN:																									
SUMA		105	121,4	96,8	60,2	130,4	54,8	74,7	97,1	150,3	107,7	87,7	29,2	35,9	32,4	32,4	97,1	50,1	150,3	107,7	35,9	35,9	29,2	87,7	
TIEMPO PROMEDIO		35,0	40,5	32,3	20,1	43,5	18,3	24,9	32,4	50,1	35,9	29,2	35,9	32,4	32,4	32,4	97,1	50,1	150,3	107,7	35,9	35,9	29,2	87,7	
TIEMPO CRONOMETRADO		362,0		Minutos		Horas		6,0																	

Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Toma de tiempos para cambio de formato de línea 2 Tabcín AN a A/N

Estudio número: 3	Fecha:		Colaboradores: JOSE JUAREZ SEBASTIAN VELASQUEZ RUDY MALDONADO CARLOS VELASQUEZ ERGIL HERRERA JUAN GUBUR EDGAR CULAJAY		Desmontaje piezas de tableteadora		Desmontaje piezas de selladora		Limpieza de empacadora		Limpieza y aspiración de de todas las piezas de tableteadora y estructura		Limpieza de estructura de selladora		Limpieza y aspiración de piezas de selladora		Limpieza superficial de maquina tableteadora		Preparación de piezas para el nuevo formato		Montaje de piezas de tableteadora		Limpieza superficial de maquina selladora		Limpieza de pisos y puertas		Arman selladora										
	L	T			L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T							
1	22,5	22,5	40,1	17,6	49,3	9,2	104,6	55,3	140	35,1	151,8	12,1	160,8	9	168,4	7,6	219,4	48	265	48,6	325,1	60,1	386,3	61,2	60,1	386,3	61,2	60,1	386,3	61,2							
2	20,3	20,3	40,6	18,1	49,5	8,9	103,5	54	138	34,6	149,4	11,3	158,1	8,7	165,3	7,2	215,6	50,3	263,1	47,5	321,7	58,6	381,2	59,5	321,7	58,6	381,2	59,5	321,7	58,6	381,2	59,5					
3	21,6	21,6	43,2	17,4	52,8	9,6	106,7	53,9	141	34,5	153,8	12,6	161,7	7,9	169,2	7,5	220,2	51	268,9	48,7	328,3	59,4	389,1	60,8	328,3	59,4	389,1	60,8	328,3	59,4	389,1	60,8					
RESUMEN:																																					
SUMA		64,4	53,1	27,7	163,2	104,2	36	25,6	22,3	149,3	144,8	178,1	181,5	181,5	178,1	144,8	149,3	22,3	7,4	49,8	48,3	59,4	60,5	60,5	59,4	48,3	59,4	60,5	60,5	59,4	60,5	60,5					
TIEMPO PROMEDIO		21,5	17,7	9,2	54,4	34,7	12,0	8,5	7,4	49,8	48,3	59,4	60,5	60,5	59,4	48,3	49,8	7,4	7,4	49,8	48,3	59,4	60,5	60,5	59,4	48,3	59,4	60,5	60,5	59,4	60,5	60,5					
TIEMPO CRONOMETRADO		383,4		Minutos		6,4		Horas																													

Fuente: elaboración propia.

3.2.9. Cálculo de tiempo cronometrado

El tiempo cronometrado se obtiene de la sumatoria de los tiempos promedio de cada elemento del ciclo, en este caso se obtuvo de la toma de tiempos anteriormente mostrada, el cual se presenta en la tabla de resumen siguiente.

Tabla XV. **Tabla resumen de tiempos cronometrados**

Tabla resumen de tiempo cronometrado		
Estudio de tiempo cronometrado	Tiempo cronometrado	
Cambio de formato línea 1 Tabcín AN a A/N	376,8	min
Cambio de formato línea Noack 920 Alka AD a cardioaspirina	362,0	min
Cambio de formato línea 2 Tabcín AN a A/N	383,4	min

Fuente: elaboración propia.

3.2.10. Cálculo del tiempo normal

Ya que se tiene los datos del estudio de tiempo con el número de muestras requeridas para lograr un alto grado de confiabilidad, es necesario calcular el factor de calificación.

En este proyecto se utilizará el método de calificación del sistema Westinghouse, a continuación se presenta el cálculo por medio de este método:

Tabla XVI. **Cálculo de factor de calificación por sistema Westinghouse**

Factor de calificación por westinghouse		
Habilidad	B1	0,11
Esfuerzo	C1	0,05
Condición	D	0,00
Consistencia	C	0,01
	Suma	0,17
Factor de calificación		0,17

Fuente: elaboración propia.

Obtenido el factor de calificación se procede a obtener el tiempo normal del proceso.

$$T_n = T_c * (1+F_c)$$

$$T_n = 376,8 \text{ min} * (1+ 0,17)$$

$$T_n = 440,856 \text{ min}$$

A continuación se presenta la tabla de resultados del tiempo normal para los tres procesos analizados.

Tabla XVII. **Resultado de tiempo normal para tres procesos analizados**

Cálculo del tiempo normal		
Tc	Fc	Tn
376,8	0,17	440,817
362,0	0,17	423,579
383,4	0,17	448,578

Fuente: elaboración propia

3.2.11. Cálculo de tiempo estándar

Para poder calcular el tiempo estándar se utiliza la fórmula siguiente.

$$Te = Tn * (1 + \text{suplementos})$$

Para el cálculo de los suplementos se utiliza la tabla de suplementos recomendados por la ILO, que se muestra en la siguiente figura.

Figura 54. Suplementos recomendados por ILO

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos ¹					
1. SUPLEMENTOS CONSTANTES					
	Hombres	Mujeres			
A. Suplemento por necesidades personales	5	7			
B. Suplemento base por fatiga	4	4			
2. SUPLEMENTOS VARIABLES					
	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	4		45
B. Suplemento por postura anormal			2		100
Ligeramente incómoda	0	1			
incómoda (inclinado)	2	3			
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7			
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)					
Peso levantado [kg]					
2,5	0	1			
5	1	2			
10	3	4			
25	9	20			
35,5	22	máx			
D. Mala iluminación					
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0			
Bastante por debajo	2	2			
Absolutamente insuficiente	5	5			
E. Condiciones atmosféricas					
Índice de enfriamiento Kata					
16	0				
8		10			
			F. Concentración intensa		
			Trabajos de cierta precisión	0	0
			Trabajos precisos o fatigosos	2	2
			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
			G. Ruido		
			Continuo	0	0
			Intermitente y fuerte	2	2
			Intermitente y muy fuerte	5	5
			Estridente y fuerte		
			H. Tensión mental		
			Proceso bastante complejo	1	1
			Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
			Muy complejo	8	8
			I. Monotonía		
			Trabajo algo monótono	0	0
			Trabajo bastante monótono	1	1
			Trabajo muy monótono	4	4
			J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

¹ Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. Ejemplo sin valor normativo

Fuente: Niebel W. Benjamin. Ingeniería Industrial. p. 437.

De la calificación obtenida en la tabla de suplementos se obtiene el valor necesario para calcular el tiempo estándar, este valor se puede observar en la tabla siguiente:

Tabla XVIII. **Resumen del cálculo de suplementos**

Calificación de suplementos	
Suplementos	Calificación %
Suplemento personal	5
Suplemento por fatiga básica	4
Suplemento por estar de pie	2
Suplementos por posición anormal	0
Uso de fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar)	3
Mala iluminación	0
Condiciones atmosféricas	0
Atención requerida	2
Nivel de ruido	2
Estrés mental	4
Monotonía	0
Tedio	2
Suma	24
Calificación de suplementos	0,24

Fuente: elaboración propia.

Ahora que se cuenta con todos los datos para poder obtener el tiempo estándar se procede a calcularlo como sigue:

$$Te = Tn * (1 + \text{suplementos})$$

$$Te = 440,817 \text{ min} * 1,24$$

$$Te = 546,613$$

En la tabla siguiente se muestra el cálculo del tiempo estándar para los tres procesos analizados en éste proyecto.

Tabla XIX. **Tabla resumen del tiempo estándar para los tres procesos analizados en este proyecto**

Cálculo del tiempo estándar		
Tiempo normal	Suplementos	tiempo estándar
440,817	0,24	546,6
423,579	0,24	525,2
448,578	0,24	556,2

Fuente: elaboración propia.

3.2.12. Reporte de resultados

A continuación se presentan los datos obtenidos del estudio de tiempos para los tres procesos analizados para este proyecto.

Figura 55. **Reporte de resultados de estudio de tiempos**

Reporte final de estudio de tiempos						
Línea de producción	Número de observaciones	Tiempo cronometrado min	Factor de calificación	Suplementos	Tiempo estándar min	Tiempo estándar horas
Cambio de formato línea 1 tabcin AN a A/N	3	376,8	0,17	0,24	546,6	9,1
Cambio de formato línea noack 920 alka AD a cardioaspirina	3	362,0	0,17	0,24	525,2	8,8
Cambio de formato línea 2 tabcin AN a A/N	3	383,4	0,17	0,24	556,2	9,3

Fuente: elaboración propia.

3.3. Análisis de los resultados

En esta parte del trabajo se describen los puntos observados al realizar el estudio de tiempos que afectan al tiempo total del proceso y en los cuales se puede trabajar para mejorar el rendimiento de este proceso.

3.3.1. Tiempos muertos

Dentro del proceso se observaron algunas pérdidas de tiempo por situaciones ajenas al proceso, el personal no se encuentra dedicado totalmente al proceso, existen llamados para realizar ajustes en otras líneas de producción y el personal que realiza el cambio de formato no siempre se encuentra completo.

Existen tiempos muertos por reuniones que se realizan en el mismo horario del cambio de formato.

En ocasiones el suministro de agua y aire comprimido presenta fallos los cuales retrasan el proceso de cambio de formato.

Los horarios en que se programan los cambios de formato muchas veces coinciden con el almuerzo del personal lo que aumenta el tiempo del cambio de formato.

Otros horarios para realizar el cambio de formato, es el tiempo nocturno en el cual, al personal se le nota fatigado y el proceso no se realiza con la misma velocidad que en un horario normal.

La forma en que se presenta el proceso permite que algunos de los siete colaboradores se queden por momentos sin hacer ningún trabajo, el proceso debería hacerse simultáneo con otras tareas, para eliminar algo de tiempo muerto para algunos colaboradores.

3.3.2. Elementos innecesarios en el proceso

El proceso como tal, no presenta deficiencias simplemente para mejorarlo sería indispensable dividir al personal para realizar actividades simultaneas. Al hacer simultaneas algunas partes del proceso, se logrará reducir el tiempo del mismo.

3.3.3. Preparación previa al proceso de cambio de formato

Con respecto a la preparación que se debería tener antes de un cambio de formato, se requiere de convenir con el de logística hacer la solicitud de cambio de productos con por lo menos un día de anticipación.

Con este día de anticipación que se logre conseguir con el de logística, se podrá planificar de mejor manera el cambio de formato, organizando las actividades del día para los mecánicos que participan en el cambio de formato, para tener así, el tiempo únicamente para cambio de formato.

3.4. Propuesta nuevo proceso para cambio de formato

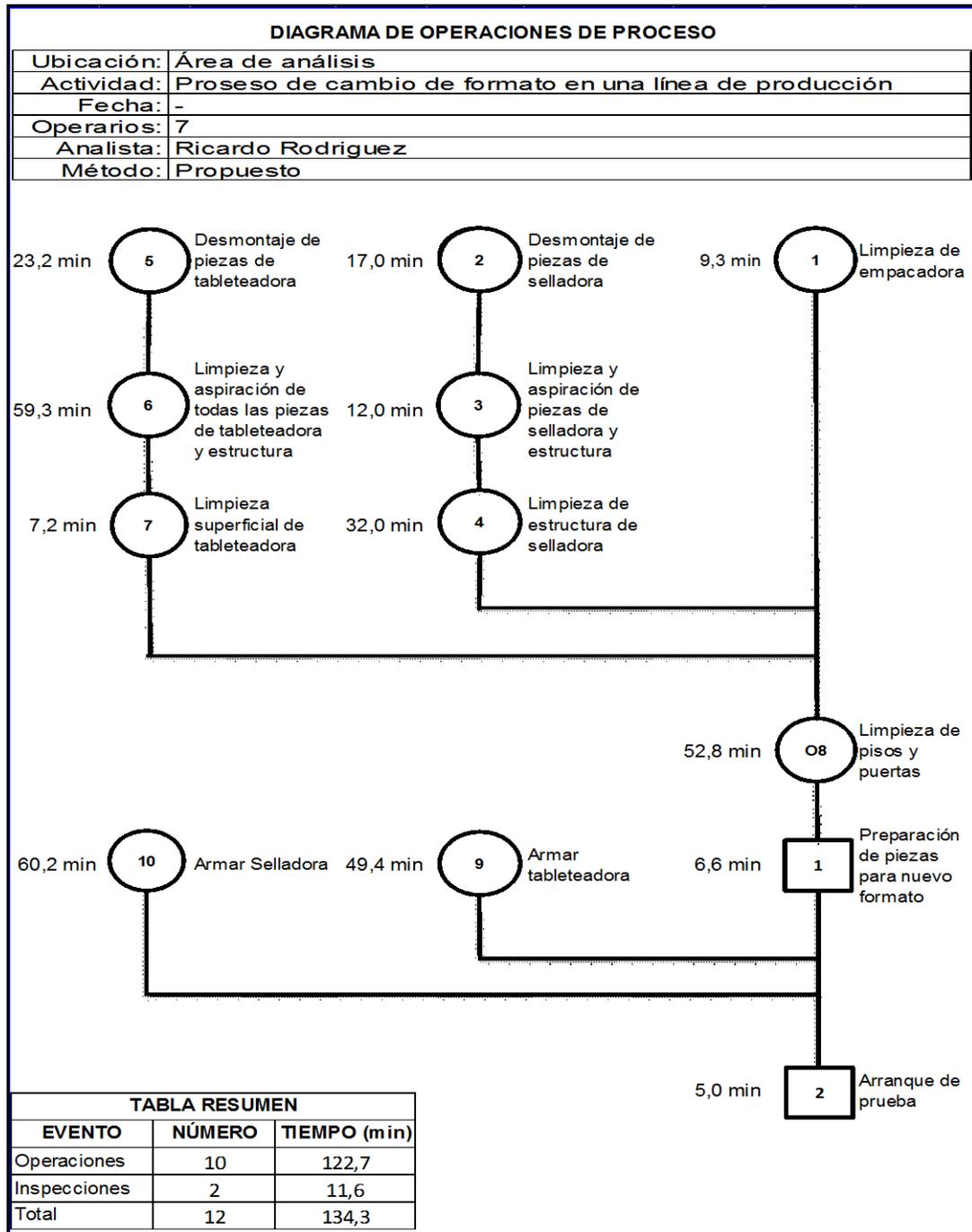
Del estudio de tiempos realizado y lo observado en el mismo, se ha logrado observar varias oportunidades de mejora, se describen a continuación como una propuesta para mejorar el tiempo en el cambio de formato.

- Existe una nueva tendencia en la industria que es llamada TPM (Mantenimiento Productivo Total), esto consiste en la integración del personal que opera la maquinaria para la realización del mantenimiento simple de una maquinaria. Se sugiere colocar a personal mecánico a realizar las labores de operación de las maquinarias, esto eliminaría los llamados innecesarios por fallos de ajuste en las maquinarias, ya que el personal mecánico está capacitado para realizar estos ajustes, a esto se le llama mantenimiento autónomo.
- Se propone como una mejora para el proceso de cambio de formato, realizar los procesos de desensamble de tableteadora y selladora de manera simultánea. Siete personas es suficiente personal para realizar estos dos procesos de manera simultánea.
- Otra mejora que puede hacerse en el proceso de cambio de formato es realizar una sola limpieza, en la cual se limpien todas las partes de la línea y se realice antes de ingresar las piezas a ensamblar.

Con los puntos mencionados anteriormente podría lograrse una reducción en el tiempo del cambio de formato, el proceso no sufre muchos cambios pero se aprovechan de manera más eficiente los recursos con los que se cuenta, haciendo así una reducción considerable del tiempo de los cambios de formato, esto debido a la eliminación de tiempos muertos de personal.

En la figura 56 se presenta la propuesta del nuevo diagrama de proceso:

Figura 56. Diagrama de proceso propuesto para cambio de formato



Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL EN LA APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO EN LA PREVENCIÓN DE PAROS INESPERADOS POR FALLAS EN MAQUINARIA

4.1. Preparación de las capacitaciones

El tema de ultrasonido y termografía es un tema relativamente nuevo en Guatemala y el personal de la empresa no se encuentra capacitado para llevar a cabo un análisis de ultrasonido o termografía.

Para capacitar al personal encargado de hacer las mediciones es necesario hacer presentaciones que sean fáciles de entender, además deberá hacerse una capacitación práctica en la toma de mediciones.

El Departamento de Ingeniería y Mantenimiento asignó una persona encargada de las áreas técnicas y al supervisor de mecánicos de mantenimiento de la planta.

En los primeros muestreos debe aprovecharse para que cada encargado participe en esta y darles una capacitación práctica en el uso del equipo. La capacitación práctica de estos encargados asegura que los estudios que se realicen posteriores a este proyecto tengan un grado aceptable de confiabilidad.

4.2. Planificación de capacitaciones

Como se mencionó anteriormente se llevarán a cabo capacitaciones teóricas y prácticas. Las capacitaciones prácticas deben realizarse durante los muestreos que deban realizarse en las instalaciones.

Como se muestra en la figura siguiente las capacitaciones fueron impartidas en el tiempo programado, con algunas variaciones por trabajos que el personal capacitado tuvo que realizar en las mismas fechas.

Figura 57. **Programación de capacitaciones para el personal asignado para realizar los muestreos de ultrasonido y termografía**

Programación de capacitaciones				
No.	Tema	Metodología	Participantes	Mes
1	Termografía, aplicaciones de termografía, ventajas de termografía.	Presentación de Powerpoint	Javier Quan	Febrero
2	Ultrasonido, aplicaciones de ultrasonido, ventajas del ultrasonido.	Presentación de Powerpoint	Julio García, Armando del Cid	Marzo
3	Toma de mediciones con equipo de ultrasonido y termografía, procedimientos para toma de desiciones.	Presentación de Powerpoint	Julio García, Armando del Cid, Javier Quan	Marzo
4	Estudio de tiempos para el cambio de formato.	Presentación de Powerpoint	Javier Quan, Julio Iboy, Manuel Chavez, José Juárez, Sebastian Velasquez, Rudy Maldonado, Carlos Velasquez, Ergil Herrera, Juan Cubur, Edgar Culajay.	Febrero

Fuente: elaboración propia.

4.3. Termografía en la prevención de fallas

El tema de termografía es nuevo en Guatemala, no se tiene aún la confianza necesaria para practicarlo en las empresas, además tiene un costo elevado. Las empresas aún no han descubierto los grandes ahorros que se pueden lograr al llevar un mantenimiento predictivo por medio de la termografía.

4.3.1. Termografía

Ya en el segundo capítulo se ha hablado de manera más extensa de este tema, 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.

4.3.2. Aplicaciones de termografía

En esta parte debe capacitarse al personal sobre todas las aplicaciones existentes para utilizar la termografía, esto servirá para proyectos futuros donde se desee ampliar la aplicación de esta tecnología, aprovechando así, el recurso de poseer equipo de este tipo y mejorar de esta manera el mantenimiento en la planta.

4.3.3. 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 su trabajo.

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

4.4. Ultrasonido en la prevención de fallas

El ultrasonido proporciona muchas ventajas, por lo tanto, es necesario que el personal conozca mucho más sobre esta tecnología.

4.4.1. Ultrasonido

Como todo proyecto a aplicar, es necesario que el personal que participa del mismo, tenga los conocimientos básicos de este. No es la excepción el caso del ultrasonido y sus aplicaciones, es necesario que los encargados de realizar los muestreos de ultrasonido, sepan lo que están haciendo y cómo esto funciona.

4.4.2. Aplicaciones del ultrasonido

El ultrasonido tiene una gran variedad de aplicaciones, desde industriales hasta médicas. Es importante que el personal conozca todas estas aplicaciones aunque no se profundice en ellas.

Las aplicaciones que se tomaron en este proyecto son aquellas que no requieren un grado demasiado alto de conocimiento y que devuelven un ahorro en costos muy bueno para la empresa.

4.4.3. Ventajas del ultrasonido

Al igual que la termografía, el ultrasonido es una tecnología nueva en Guatemala y aún no se tiene confianza en ella, es por esto, la importancia que el personal conozca las ventajas que esta tecnología ofrece a la empresa y al trabajo que desempeña el personal encargado de hacer los muestreos.

4.5. Adiestramiento sobre la toma de mediciones

En la medida que el personal encargado de realizar los muestreos, tenga los conocimientos básicos sobre termografía y ultrasonido y además ponga en práctica a la manera correcta de realizar una medición, en esa medida será confiable la información obtenida en los muestreos y por ende, las mejoras y ahorros que se puedan obtener para la empresa.

Por esta razón, es muy importante que el personal encargado de realizar los muestreos, tengan una capacitación teórica y práctica de la manera correcta de realizar una medición con un alto grado de confiabilidad.

4.6. Adiestramiento sobre los procedimientos de toma de mediciones

Todo proceso, para ser eficientado o mejorado debe estar normalizado, es decir, que debe realizarse de la misma manera todas las veces que se realice.

Esta es la importancia de tener un procedimiento y que el personal siga estrictamente los pasos que se describen en el mismo.

4.7. Integración del equipo de cambio de formato

Una de las ventajas que se tienen en la realización de un estudio de tiempos para la empresa, es que, el personal tiene muchos años de trabajar juntos y de conocerse muy bien.

No tiene mucha dificultad el integrar al grupo que se encargará de participar en el estudio de tiempos.

4.7.1. Generación de objetivos

Una de las partes más importantes para llevar a cabo un estudio de tiempos es la generación de objetivos, y más que esta generación de objetivos, es importante que el personal entienda de manera correcta los mismos.

El personal debe saber que es lo que está haciendo y para qué lo hace y además de esto, el personal debe sentirse parte del proyecto.

4.7.2. Creación de un ambiente agradable de trabajo

Realizar reuniones periódicas que sirvan para canalizar dudas, compartir preocupaciones y poner en común diversos puntos de vista. A todas las personas les gusta ser oídas y tomadas en cuenta, esto a su vez generará que se sientan parte importante de un grupo.

4.7.3. Responsabilizar a cada miembro del equipo

Este tema no se refiere a la responsabilidad que tiene cada miembro del grupo de trabajo para la realización del estudio de tiempos, si no se refiere, a que el personal integrante de este grupo de trabajo debe sentirse parte importante del proyecto.

Esto asegurará que el personal ponga todo de su parte para llegar a un buen final el proyecto.

4.8. Medición de resultados

En este proyecto es importante evaluar la calidad de los conocimientos adquiridos por el personal capacitado, para asegurar que la aplicación del proyecto esté asegurada a futuro.

En este caso es necesario realizar una evaluación teórica y práctica de los temas del proyecto.

4.8.1. Evaluación teórica

La evaluación teórica, sirve para evaluar que tanto de los conceptos de termografía y ultrasonido fueron asimilados por el personal capacitado. Permite evaluar si es necesario reforzar algún tema en específico.

En los anexos se mostrarán las evaluaciones practicadas al personal capacitado para este proyecto.

CONCLUSIONES

1. La fuga de aire comprimido es uno de los problemas que se presentan en la planta de producción, debido a que existen muchas fluctuaciones en la presión. Se ha descubierto que estas fluctuaciones están siendo causadas por fugas en el sistema. Por medio de un análisis de ultrasonido pueden ubicarse todas las fugas de aire comprimido y proceder a la reparación de las mismas, para un análisis termográfico de fugas de aire comprimido se descubrió que no es necesaria la creación de una línea base.
2. El sistema de vapor presentaba escape de vapor vivo hacia el sistema de retorno de condensado, provocando pérdidas de vapor, mayor consumo de energía y variaciones en el sistema. Se propuso utilizar el ultrasonido para la comprobación del funcionamiento de las trampas logrando la localización de varias trampas dañadas. Del primer muestreo realizado a las trampas se generó una línea base que servirá como comparación para mediciones futuras.
3. Debido a que los equipos de producción son especializados y requieren complicados sistemas electrónicos para su funcionamiento, se utilizó el análisis termográfico para la disminución de fallos eléctricos o electrónicos. En el primer análisis termográfico se encontraron varias fallas en los tableros eléctricos y electrónicos. Para realizar los análisis futuros es necesario tener una línea base de comparación, la cual fue generada con las imágenes termográficas del primer muestreo realizado.

4. Los encargados de realizar un análisis termográfico o de ultrasonido deben estar capacitados para realizar el mismo, por esta razón se creó un procedimiento para las mediciones futuras de ultrasonido y termografía, el cual asegura un alto grado de confiabilidad de las mediciones futuras.
5. Después de presentar el reporte de cada uno de los análisis realizados por medio del ultrasonido y termografía, se logró realizar las reparaciones pertinentes, con lo cual, en los días posteriores a estas reparaciones se notaron mejoras en la estabilidad de los sistemas.
6. Las aplicaciones de ultrasonido y termografía son muy variadas y extensas, por lo que luego de realizar la investigación pertinente se propuso enfocar la aplicación del ultrasonido y termografía hacia los sistemas y maquinarias de la empresa, en los cuales estas tecnologías tienen un mayor impacto de mejora y costo bajo. Además, las aplicaciones seleccionadas son fáciles de usar para un analista no experimentado.
7. El personal encargado del mantenimiento en la empresa simplemente tenían nociones de lo que era un análisis termográfico o de ultrasonido, luego de realizar las capacitaciones a los colaboradores asignados de la empresa, se logró que obtuvieran los conocimientos necesarios para realizar un muestreo de ultrasonido y termografía con un alto grado de confianza.

8. Se tenía poca confianza en los resultados que se obtenían de los estudios termográfico y de ultrasonido, pero luego de mostrar los resultados de este documento y los obtenidos luego de las reparaciones pertinentes, se logro la concientización del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, sobre la importancia de utilizar el ultrasonido y termografía, como herramienta para lograr un mantenimiento predictivo y confiar en este tipo de tecnologías.

9. El proceso de cambio de formato es uno de los más importantes para la planta de producción ya que se realizan frecuentemente, actualmente este proceso esta normalizado en procedimientos y es un proceso que tarda más de 5 horas medidas empíricamente. Se propuso al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento efectuar un estudio de tiempos para conocer el tiempo estándar de este proceso.

Luego de realizado el estudio de tiempos se determinó que en promedio, el tiempo estándar de este proceso es de 9,1 horas demostrándose así que este proceso es demasiado ineficiente, por esta razón se presentó al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento una propuesta para un nuevo procedimiento para el cambio de formato.

10. El procedimiento anterior de cambio de formato permitía que muchos empleados encargados de realizar este proceso tuvieran tiempos muertos excesivos, dado que demasiados colaboradores realizaban una actividad en la cual era necesario un número menor de personal.

Con la nueva propuesta para el proceso de cambio de formato, se espera alcanzar una reducción en los tiempos muertos de los colaboradores ya que se distribuyeron de mejor manera el número de colaboradores que realizan una misma actividad, logrando una reducción en el tiempo estándar de este proceso.

RECOMENDACIONES

1. Al jefe de ingeniería del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, la aplicación de ultrasonido para la verificación de cojinetes en las máquinas selladoras de las líneas de producción.
2. Al jefe de ingeniería del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento ampliar la aplicación de termografía, para la comprobación del buen estado de las calderas de la planta.
3. Al jefe de mantenimiento del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento aplicar la propuesta del proceso de cambio de formato y realizar un nuevo estudio de tiempos, para verificar el tiempo estándar del nuevo proceso.
4. A los gerentes del Departamento de Producción y de Ingeniería y Mantenimiento coordinar con el Departamento de Logística un período de solicitud de cambio de formato, con por lo menos dos días de anticipación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bayer. *Manual de inducción para nuevos empleados*. Guatemala: Bayer, 2009. 56 p.
2. Comisión Nacional para el uso eficiente de la energía. CONUEE *Tipos de trampas de vapor*. [en línea]. <http://www.cnpml.org.sv/ucatee/ee/docs/trampas_de_vapor_1_1.pdf>. [Consulta: septiembre de 2011].
3. ESTRUCPLAN. *Ensayos no destructivos* [en línea]. <<http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1589>>. [Consulta: septiembre de 2011].
4. *Instrucción Manual Ultraprobe 10 000*. New York: UE Systems, 2001. 167 p.
5. MONTAÑA RIVERO, Leonardo. *Diseño de un sistema de mantenimiento con base en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla en la planta de coque de fabricación primaria en la empresa Acerías Paz del río S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Electromecánica. Facultad Seccional Duitama, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2006. 136 p.
6. NIEBEL, Benjamin W. *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. Gonzalez Osuna, Marcia (trad). 11^a ed. México: Alfaomega, 2004. 745 p. ISBN: 970-15-0993-5.

7. *Ultrasonido propagado en aire nivel I*. New York: UE Training Systems, 1997. 165 p.

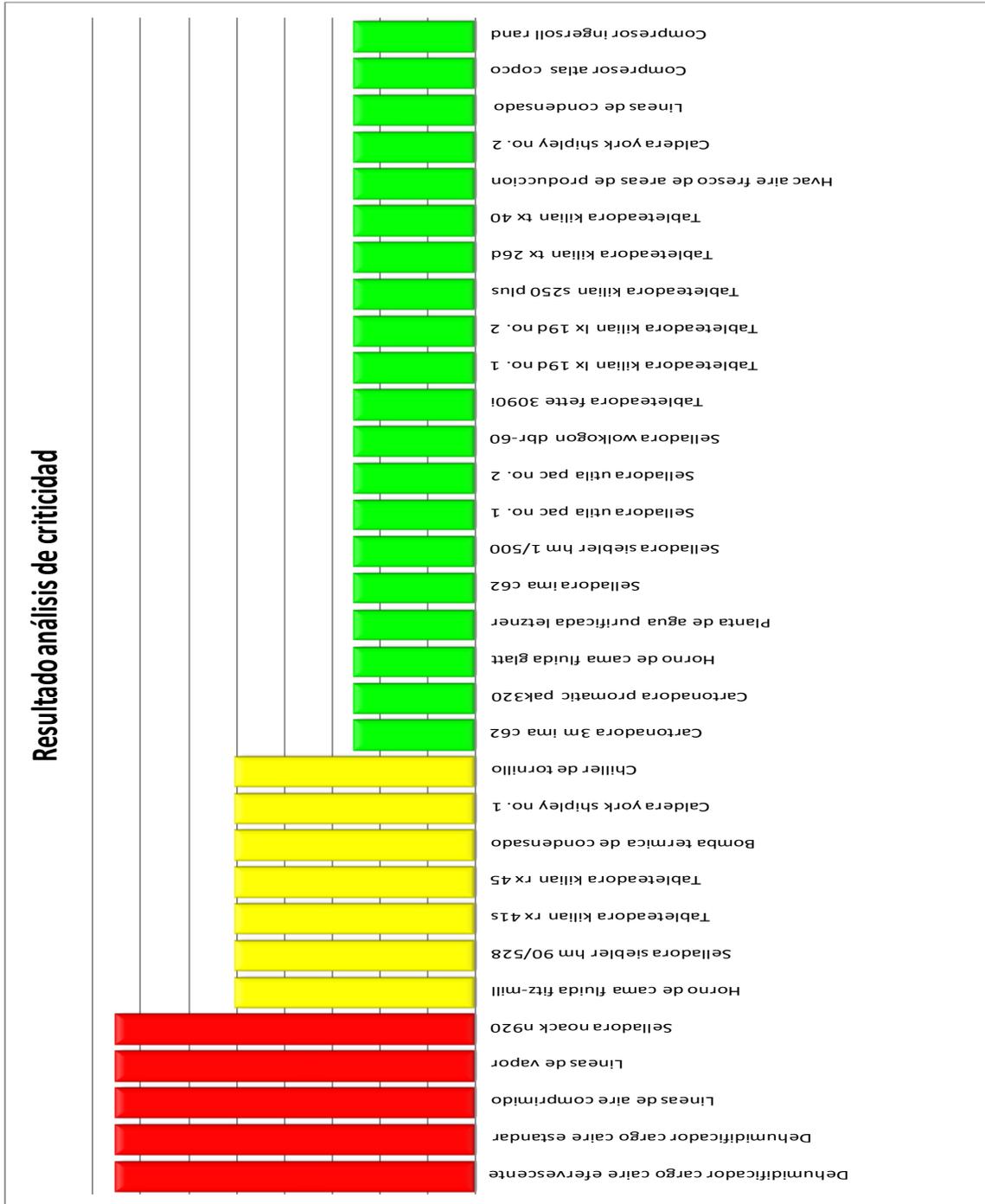
APÉNDICES

Apéndice 1. **Formato para recopilación de información llenado para el análisis de criticidad**

No.	Equipo	No. equipo	Seguridad y salud	Ambiente	Calidad y productividad	Producción	Tiempos operacionales	Frecuencia de fallas	Tiempos y costos de reparación	Criticidad
22	Deshumidificador cargo caire efervescente	T-AHU-CCA-01	C	C	A	A	A	B	C	A
23	Deshumidificador cargo caire estándar	T-AHU-CCA-02	C	C	A	A	A	B	C	A
31	Lineas de aire comprimido	T-COM-LIN-01	C	C	A	B	A	A	C	A
32	Lineas de vapor	T-VAP-LIN-01	B	C	A	B	A	B	B	A
7	Selladora noack n920	P-SEL-N920-01	C	C	A	B	A	A	A	A
3	Horno de cama fluida fitz-mill	P-HCA-FTT-01	C	C	B	B	B	B	A	B
8	Selladora siebler hm 90/628	P-SEL-SIE-01	C	C	B	B	A	C	B	B
16	Tableteadora kilian rx 41s	P-TAB-RX41-01	C	C	B	B	A	B	A	B
17	Tableteadora kilian rx 45	P-TAB-RX45-01	C	C	B	B	A	B	A	B
24	Bomba térmica de condensado	T-BOW-TER-01	C	C	C	C	A	B	B	B
25	Caldera york shipley no. 1	T-CAL-CYS-01	B	B	C	B	A	C	B	B
27	Chiller de tornillo	T-CHU-YOR-01	C	C	C	A	A	B	A	B
1	Cartonadora 3m ima c62	P-CAR-IMA-01	C	C	B	B	B	C	C	C
2	Cartonadora promatic pak320	P-CAR-PAK-01	C	C	B	B	A	C	C	C
4	Horno de cama fluida glatt	P-HCA-GLT-01	C	C	B	B	C	C	B	C
5	Planta de agua purificada letzner	P-PAG-LTZ-01	C	C	C	C	B	C	A	C
6	Selladora ima c62	P-SEL-IMA-01	C	C	B	B	B	C	B	C
9	Selladora siebler hm 1/500	P-SEL-SIE-02	C	C	B	B	B	C	B	C
10	Selladora utilia pac no. 1	P-SEL-UT1-01	C	C	B	B	B	C	C	C
11	Selladora utilia pac no. 2	P-SEL-UT2-01	C	C	B	B	B	C	C	C
12	Selladora wolkogon dbr-60	P-SEL-WOL-01	C	C	B	B	C	C	C	C
13	Tableteadora fette 3090i	P-TAB-FET-01	C	C	B	B	B	C	B	C
14	Tableteadora kilian lx 19d no. 1	P-TAB-LX1-01	C	C	B	B	B	C	B	C
15	Tableteadora kilian lx 19d no. 2	P-TAB-LX2-01	C	C	B	B	B	C	B	C
18	Tableteadora kilian s250 plus	P-TAB-S250-01	C	C	B	B	C	C	B	C
19	Tableteadora kilian tx 26d	P-TAB-TX26-01	C	C	B	B	B	C	B	C
20	Tableteadora kilian tx 40	P-TAB-TX40-01	C	C	B	B	B	C	B	C
21	Hvac aire fresco de áreas de producción	T-AHU-AFP-01	C	C	C	B	A	C	C	C
26	Caldera york shipley no. 2	T-CAL-CYS-02	B	B	C	B	C	C	B	C
28	Lineas de condensado	T-CND-LIN-01	B	C	C	C	A	B	C	C
29	Compresor atlas copco	T-COM-ATL-01	C	C	B	B	A	C	C	C
30	Compresor ingersoll rand	T-COM-INS-01	C	C	B	B	B	C	C	C

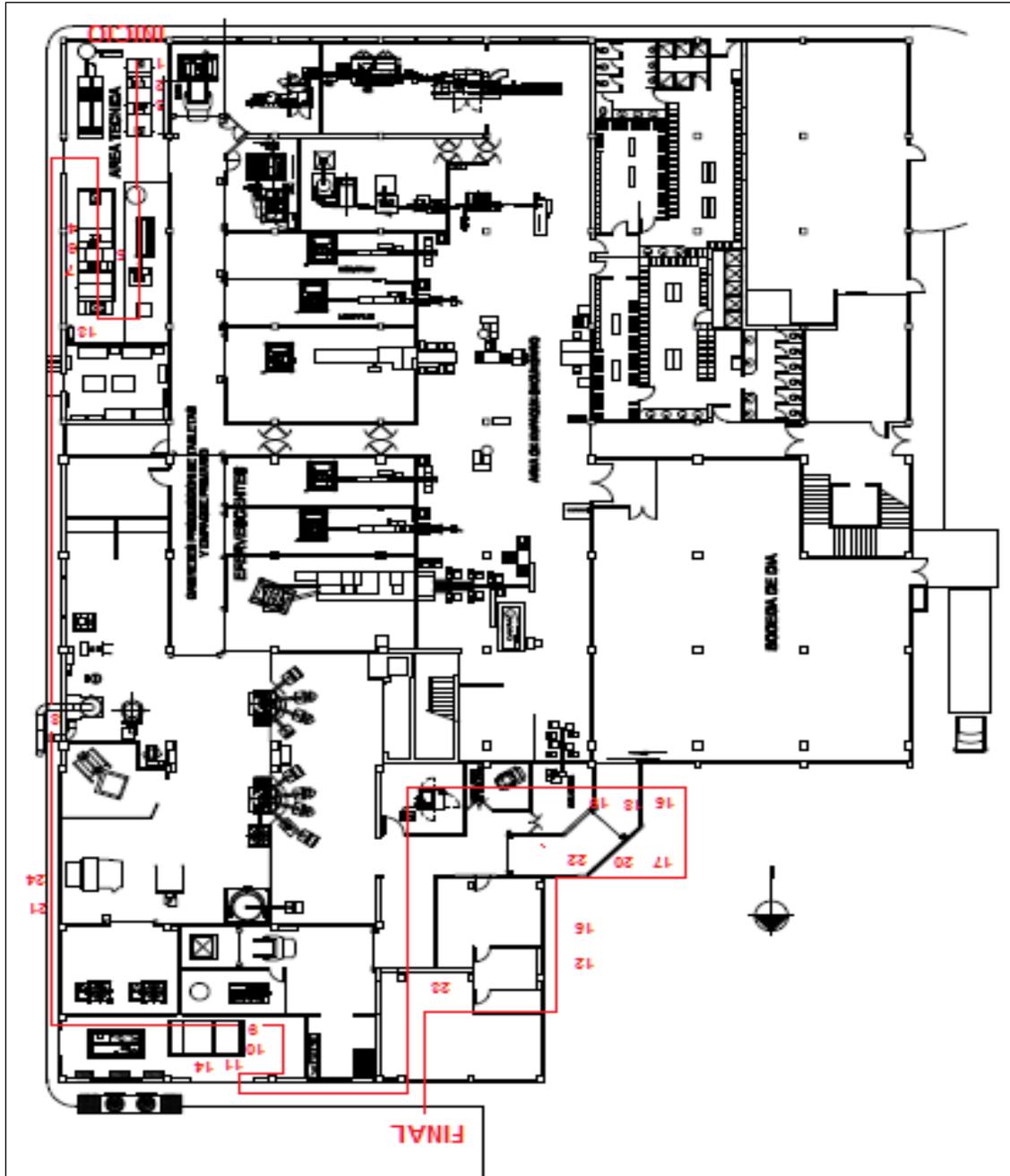
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Gráfico de resultado del análisis de criticidad**



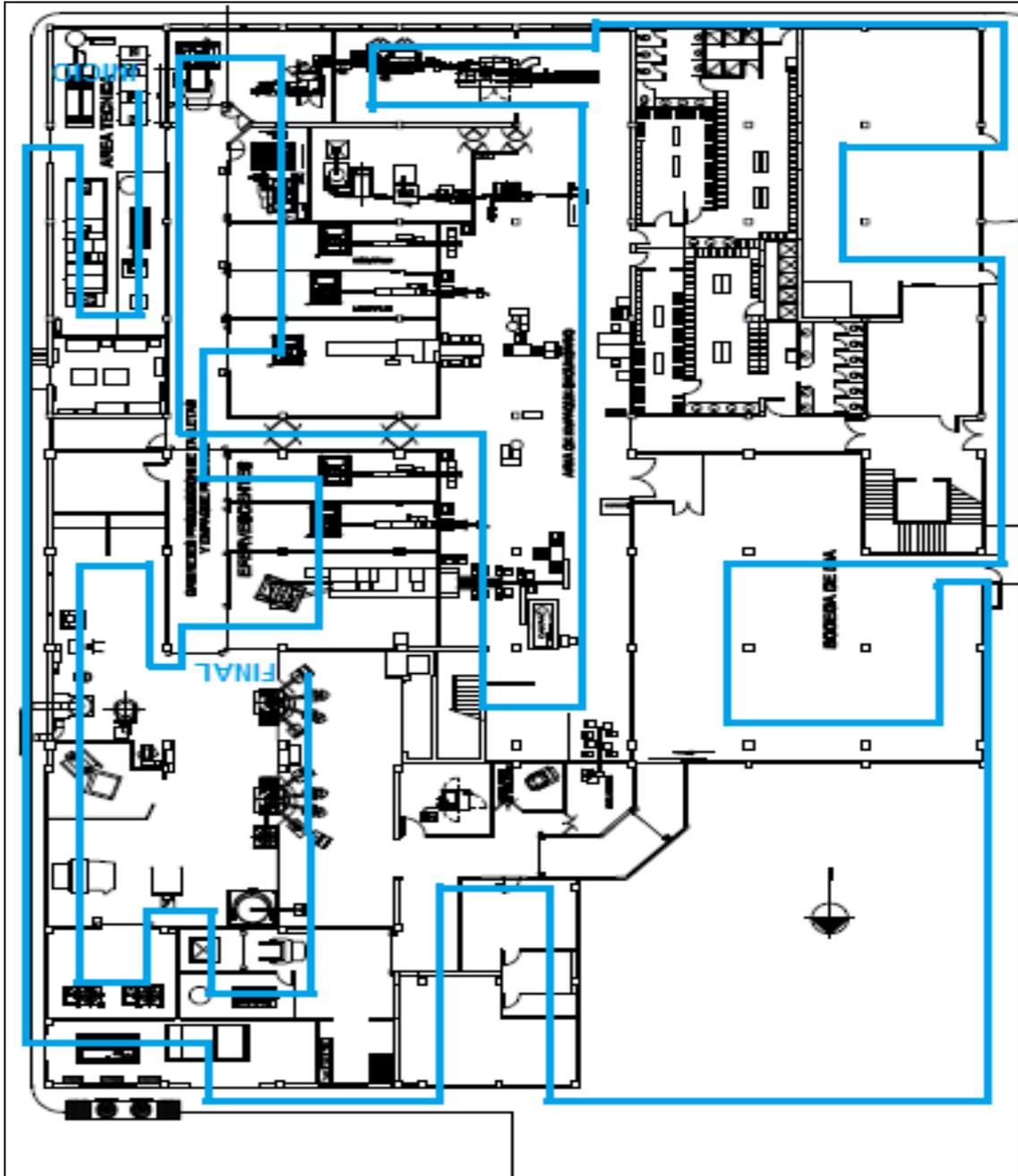
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Ruta para realizar análisis de ultrasonido para verificación de funcionamiento de trampas de vapor



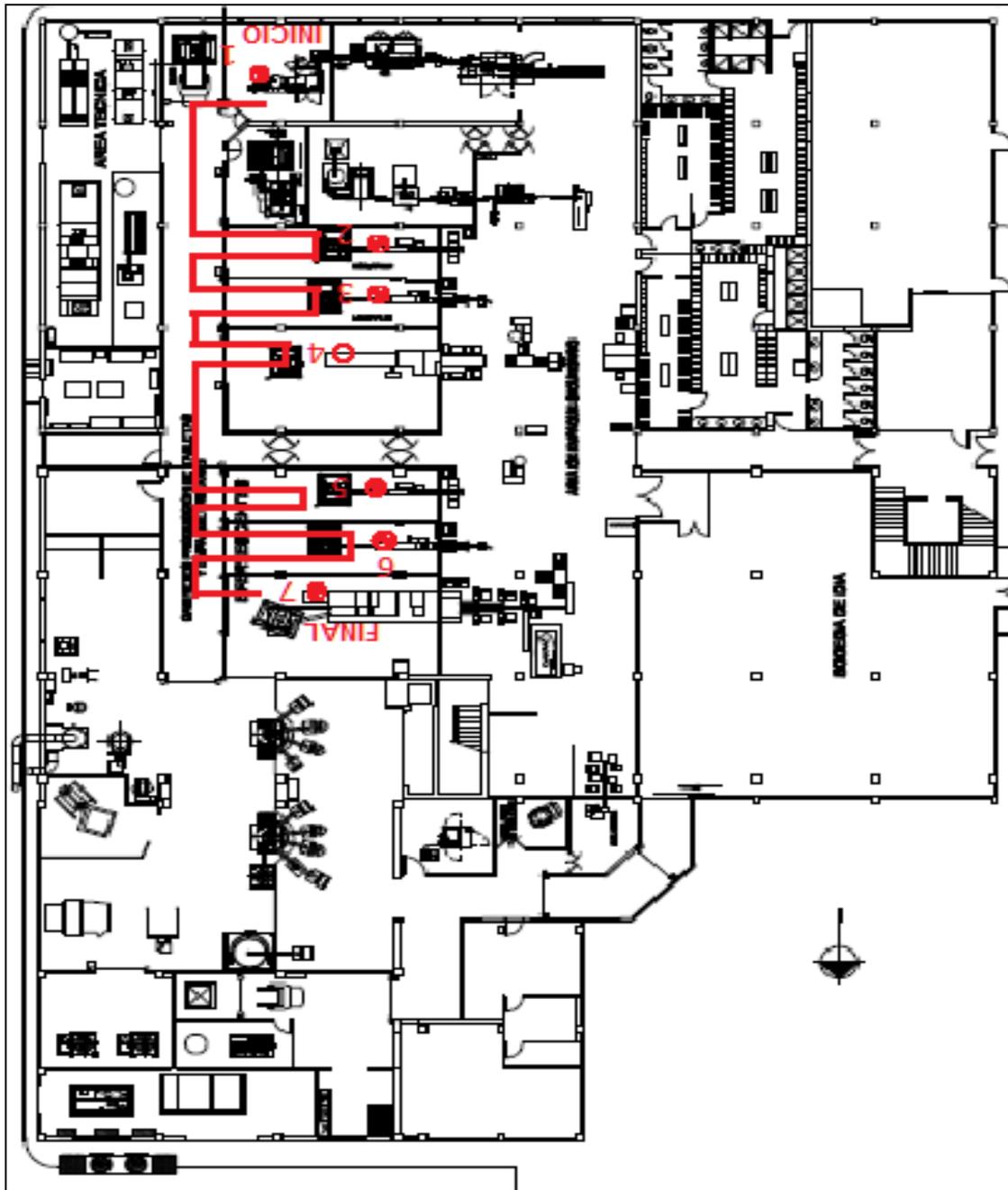
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Ruta para realizar el análisis de ultrasonido para la localización de fugas de aire comprimido



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Ruta de verificación de tableros eléctricos y electrónicos por medio de termografía



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Resultados de primer muestreo de detección de fugas de aire comprimido en áreas técnicas**

Inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido						
Fuga No.	Máquina	Localización	presión en el sistema (psi)	Sensibilidad de equipo	Medición (dB)	fotografía No.
1	Compresor Atlas Copco Area AT1	Llave reguladora de salida	100	40	54	15
2	Deshumificador Cargo Care efervecente AT1	Dentro de intercambiador de calor	115	60	45	17
3	Anke de estándar AT1	Union de tubería aire comprimido	100	50	50	19
4	Anke de estándar AT1	Entre los actuadores	100	50	40	20
5	Anke de efervecentes AT3	Entre los actuadores	100	40	70	21
6	O'Hara AT3	Conexión para entrada de aire	100	50	40	24
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Fecha: _____
Realizado por: Ricardo Rodriguez
Verificado por: Diego Ruiz

Observaciones: el estudio es realizado en las áreas técnicas

la fuga 2 es de vapor

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Resultado de primer muestreo de detección de fugas de aire comprimido áreas de producción**

Inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido						
Fuga No.	Máquina	Localización	Presión en el sistema (psi)	Sensibilidad de equipo	Medición (dB)	Fotografía No.
1	Noack 920	Conector para pistola de aire comprimido	100	66	56	31
2	Cuarto línea Fette	Suministro en pared del cuarto de maquina Fette	87	50	40	33
3	Tableteadora Fette	Conector de máquina al suministro de aire comprimido	87	50	52	34
4	Selladora Utilia 2	Tubería de aire comprimido de selladora	35	60	32	36
5	Selladora Utilia 2	Cerca del deposito de grasa	Desconocido	40	95	37
6	Despolvador kramer	Conexiones de ingreso al despolvador	87	40	70	38
7	Siebler 2	Conexión de selladora a suministro	115	50	72	40
8	Siebler 2	Manquera de selladora	115	50	70	43
9	Siebler 1	Codo conector	105	40	71	44
10	Horno Glatt	Actuador neumático	100	50	60	47
11	Horno Fitz Mill	Válvula	65	50	47	41
12	Horno Fitz Mill	Posible fuga dentro de cubierta	Desconocido	70	32	43
13	Tamiz AZO 2	Conexión al suministro de aire	115	40	60	47
14	Tamiz AZO 1	Conexión al suministro de aire	115	40	50	49
15	Dosificador 1	Conector aire comprimido en 3	Desconocido	50	53	51
16	Dosificador 1	Conector en aire comprimido 2	Desconocido	50	52	53
17	Dosificador 2	Conector cerca de balanza de mayores	Desconocido	40	62	55
18	Pesaje de mayores 2	Conector en la parte superior	Desconocido	50	37	57
19	Area de formulación	Línea en pared	115	40	50	61
20						

Fecha: _____
Realizado por: Ricardo Rodriguez
Verificado por: Diego Ruiz

Observaciones: este estudio fue realizado dentro de las áreas de producción
la fuga 2 es de vapor

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Resultado de primer muestreo de verificación de
funcionamientos de trampas de vapor**

Inspección de ultrasonido para trampas de vapor												
Trampa	Tipo de trampa	fecha: _____ fecha: _____		fecha: _____ fecha: _____		fecha: _____ fecha: _____		fecha: _____ fecha: _____		fecha: _____ fecha: _____		
		Muestreo 1 (Db) Cerrada	Muestreo 1 (Db) Abierta	Muestreo 2 (Db) Cerrada	Muestreo 2 (Db) Abierta	Muestreo 3 (Db) Cerrada	Muestreo 3 (Db) Abierta	Muestreo 4 (Db) Cerrada	Muestreo 4 (Db) Abierta	Muestreo 4 (Db) Cerrada	Muestreo 4 (Db) Abierta (dB)	
1	Balde invertido	6	12									
2	Balde invertido	6	13									
3	Balde invertido	6	11									
4	Balde invertido	7	13									
5	Termodinámica	4	15									
6	Balde invertido	7	13									
7	Balde invertido	7	12									
8	Balde invertido	7	12									
9	Balde invertido	7	14									
10	Balde invertido	7	13									
11	Termodinámica	4	16									
12	Balde invertido	6	12									
13	Trampa de flotador o flote	2	3									
14	Termodinámica	4	15									
15	Balde invertido	6	13									
16	Balde invertido	6	13									
17	Termodinámica	4	15									
18	Balde invertido	5	13									
19	Balde invertido	5	13									
20	Termodinámica	4	15									
21	Balde invertido	13	12									
Observaciones		la trampa de vapor 21 esta abierta todo el tiempo debe ser cambiada										
Realizado por:		Ricardo Rodríguez										
Verificado por:		Diego Ruiz										

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Resultado de primer muestreo de verificación de tableros eléctricos y electrónicos por medio de termografía**

Inspección de tableros eléctricos y electrónicos con termografía				
Tablero No.	Máquina	Línea de producción	Puntos calientes Si / No	Imagen No.
1	Tablero Noack 920	Línea de producción 7	No	33
2	Tablero Utila 1	Línea de producción 5	Si	35
3	Tablero Utila 2	Línea de producción 6	No	38
4	Tablero IMA	Línea de producción 4	No	41
5	Tablero Siebler 1	Línea de producción 3	Si	43
6	Tablero Siebler 2	Línea de producción 2	No	47
7	Tablero S250	Línea de producción 1	No	50
Fecha: _____				
Realizado por: <u>Ricardo Rodríguez</u>				
Verificado por: <u>Diego Ruiz</u>				
Observaciones: <u>todos los tableros se encuentran en buen estado</u>				
a excepción del tablero Siebler 1, presenta un punto caliente que puede significar una sobrecarga				
en ese punto y el tablero de la utila 1				

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Presentación de reporte de fugas de aire comprimido**

 **Bayer HealthCare**

REPORTE DE ESTUDIO DE ULTRASONIDO PARA LOCALIZACIÓN DE FUGAS DE AIRE COMPRIMIDO

Ricardo D. Rodríguez

 **Bayer HealthCare**

Linea de producción 7 Noack 920

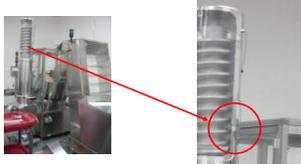


Presión	Sensibilidad	Medición
100	66	56

 **Bayer HealthCare**

Cuarto de producción 2

Desempolvador Kramer



Presión	Sensibilidad	Medición
87	40	70

 **Bayer HealthCare**

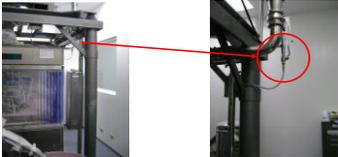
cuarto línea Fette Suministro en pared



Presión	Sensibilidad	Medición
87	50	40

 **Bayer HealthCare**

cuarto línea Fette conector de máquina al suministro de aire comprimido



Presión	Sensibilidad	Medición
87	50	52

 **Bayer HealthCare**

selladora Utila 2, tubería de aire comprimido de selladora

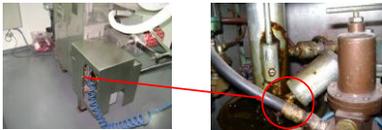


Presión	Sensibilidad	Medición
35	60	32

Continuación apéndice 10.

 Bayer HealthCare

selladora Utila 2, cerca del deposito de grasa



Presión	Sensibilidad	Medición
desconocido	40	95

 Bayer HealthCare

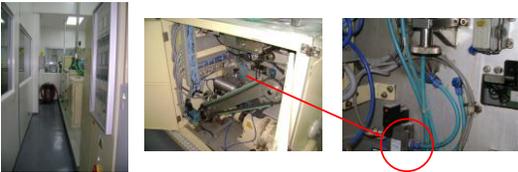
Siebler 2, coneccion de selladora a suministro



Presión	Sensibilidad	Medición
115	50	72

 Bayer HealthCare

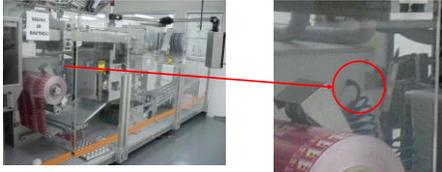
Siebler 2, coneccion de selladora a suministro



Presión	Sensibilidad	Medición
115	50	70

 Bayer HealthCare

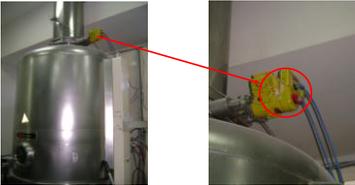
siebler 1, codo conector



Presión	Sensibilidad	Medición
105	40	71

 Bayer HealthCare

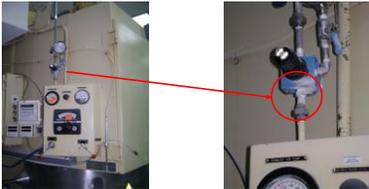
Horno Glatt, actuador neumático



Presión	Sensibilidad	Medición
100	50	60

 Bayer HealthCare

Horno Fitz Mill, válvula



Presión	Sensibilidad	Medición
65	50	47

Continuación apéndice 10.

 Bayer HealthCare

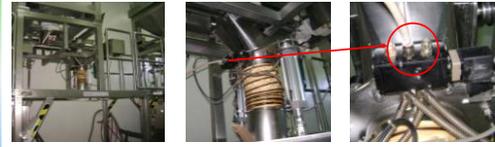
Horno Fitz Mill, posible fuga dentro de cubierta



Presión	Sensibilidad	Medición
desconocido	70	32

 Bayer HealthCare

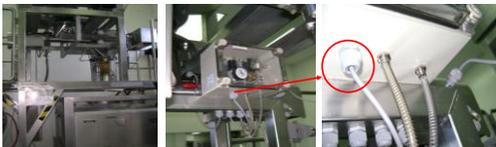
Tamiz AZO 2, conexión al suministro de aire



Presión	Sensibilidad	Medición
115	40	60

 Bayer HealthCare

Tamiz AZO 1, conexión al suministro de aire



Presión	Sensibilidad	Medición
115	40	50

 Bayer HealthCare

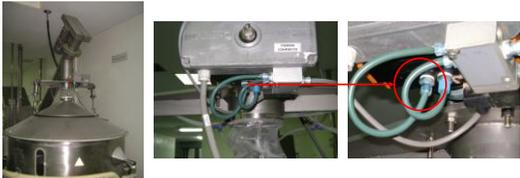
dosificador 1, conector aire comprimido en 3



Presión	Sensibilidad	Medición
desconocido	50	53

 Bayer HealthCare

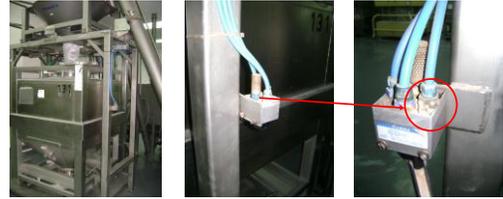
dosificador 1, conector aire comprimido en 2



Presión	Sensibilidad	Medición
desconocido	50	52

 Bayer HealthCare

dosificador 2, conector cerca de balanza de mayores



Presión	Sensibilidad	Medición
desconocido	40	62

Continuación apéndice 10.

Bayer HealthCare

pesaje de mayores 2, conector en la parte superior

Presión	Sensibilidad	Medición
desconocido	40	62

Bayer HealthCare

RESUMEN DE LA INSPECCION DE ULTRASONIDO PARA LA LOCALIZACION DE FUGAS DE AIRE COMPRIMIDO

Fuga No.	Maquina	Localización	presión en el sistema (psi)	Sensibilidad (db)	Medición (db)	Fotografía No.
1	Noack 920	Conector para pistola de aire comprimido	100	66	56	31
2	cuarto línea Fette	Suministro en pared del cuarto de máquina Fette	87	50	40	33
3	tableteadora Fette	conector de máquina al suministro de aire comprimido	87	50	52	34
4	selladora Utilta 2	tubería de aire comprimido de selladora	35	60	32	36
5	Selladora Utilta 2	cerca del depósito de grasa desconocido		40	95	37
6	desimpulvador kramer	conexiones de ingreso al desimpulvador	87	40	70	38
7	Siebler 2	conexión de selladora a suministro	115	50	72	40
8	Siebler 2	manijera de selladora	115	50	70	43
9	Siebler 1	costo conector	105	40	71	44
10	Horno Glatt	actuador neumático	100	50	60	47
11	Horno Fitz Mill	Válvula	65	50	47	41
12	Horno Fitz Mill	posible fuga dentro de cubierta desconocido		70	32	43
13	Tamiz AZO 2	conexión al suministro de aire	115	40	60	47
14	Tamiz AZO 1	conexión al suministro de aire	115	40	50	49
15	Bosificador 1	conector aire comprimido en 3 desconocido		50	53	51
16	Bosificador 1	conector en aire comprimido 2 desconocido		50	52	53
17	Bosificador 2	conector cerca de tubería de mayores desconocido		40	62	55
18	pesaje de mayores 2	conector en la parte superior desconocido		50	37	57
19	Area de formulación	línea en pared	115	40	50	61

Bayer HealthCare

REPORTE DE ESTUDIO DE ULTRASONIDO PARA LOCALIZACIÓN DE FUGAS DE AIRE COMPRIMIDO AREAS TECNICAS

Ricardo D. Rodríguez

Bayer HealthCare

Compresor Atlas Copco Area AT1, llave reguladora de salida

Presión	Sensibilidad	Medición
100	40	54

Bayer HealthCare

Deshumificador Cargo Care efervescente AT1, dentro de intercambiador de calor

Presión	Sensibilidad	Medición
115	60	45

Bayer HealthCare

Anke de estándar AT1, Union de tubería aire comprimido

Presión	Sensibilidad	Medición
100	50	50

Continuación apéndice 10.

Bayer HealthCare
Anke de estándar AT1, Entre los actuadores



Presión	Sensibilidad	Medición
100	50	40

Bayer HealthCare
Anke de efervescentes AT3, Entre los actuadores



Presión	Sensibilidad	Medición
100	40	70

Bayer HealthCare
O'Hara AT3, conexión para entrada de aire



Presión	Sensibilidad	Medición
100	50	40

Bayer HealthCare
RESUMEN DE LA INSPECCIÓN DE ULTRASONIDO PARA LA LOCALIZACIÓN DE FUGAS DE AIRE COMPRIMIDO EN ÁREAS TÉCNICAS
Inspección de ultrasonido para fugas de aire comprimido

Fuga No.	Máquina	Localización	presión en el sistema (psi)	Sensibilidad (psi)	Medición (psi)	fotografía
1	Compresor Atlas Copco Area AT1	hace reguladora de salida	100	40	54	15
2	Deshumidificador Cargo Care efervescente AT1	dentro de intercambiador de calor	115	60	45	17
3	Anke de estándar AT1	Inicio de tubería aire comprimido	100	50	50	19
4	Anke de estándar AT1	Entre los actuadores	100	50	40	20
5	Anke de efervescentes AT3	Entre los actuadores	100	40	70	21
6	O'Hara AT3	conexión para entrada de aire	100	50	40	24
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Fecha: 03/11/2009
Realizado por: Ricardo Rodriguez
Verificado por: Diego Ruiz

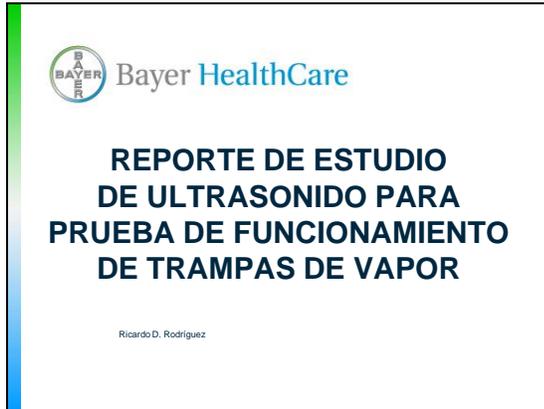
Observaciones: El estudio es realizado en las áreas técnicas

la fuga 2 es de vapor



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Presentación de reporte para estudio de ultrasonido para prueba de funcionamiento de trampas de vapor**



Bayer HealthCare

RESUMEN DE LA INSPECCION DE ULTRASONIDO PARA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE TRAMPAS DE VAPOR

Trampa de Vapor No.	Tipo de trampa	Cerrada (dB)	Abierta (dB)
1	balde invertido	6	12
2	balde invertido	6	13
3	balde invertido	6	11
4	balde invertido	7	13
5	termodinámica	4	15
6	balde invertido	7	13
7	balde invertido	7	12
8	balde invertido	7	12
9	balde invertido	7	14
10	balde invertido	7	13
11	termodinámica	4	16
12	balde invertido	6	12
13	trampa de flotador o flote	2	3
14	termodinámica	4	13
15	balde invertido	6	13
16	balde invertido	6	13
17	termodinámica	4	15
18	balde invertido	5	13
19	balde invertido	5	13
20	termodinámica	4	15
21	balde invertido	18	12
22	termodinámica	4	14
23	trampa de flotador o flote	3	4
24	termodinámica	5	5

Bayer HealthCare

RESUMEN DE LA INSPECCION DE ULTRASONIDO PARA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE TRAMPAS DE VAPOR

De acuerdo con los datos que el análisis de ultrasonido registra, esta trampa termodinámica se encuentra totalmente cerrada por lo que se han pegado los platos de la misma.

En el caso de la trampa número 21 el análisis de ultrasonido registra que esta trampa de balde invertido falló abierta, esto provoca que se escape vapor vivo hacia el tanque de condensado. Se reviso el tanque y efectivamente el agua del tanque de retorno de condensado esta haciendo ebullición.

La trampa 24 se encuentra totalmente abierta y provoca el mismo problema de la trampa número 21.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Reporte de estudio de termografía para verificación de tableros eléctricos y electrónicos**

 **Bayer HealthCare**

REPORTE DE ESTUDIO DE TERMO GRÁFICO PARA TABLEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Ricardo D. Rodríguez

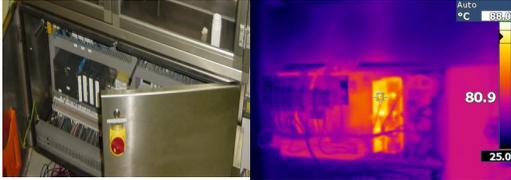
 **Bayer HealthCare**

RESUMEN DE LA INSPECCION DE ULTRASONIDO PARA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE TRAMPAS DE VAPOR

Tablero No.	Maquina	Línea de producción	Puntos Calientes Si / No
1	Tablero Noack 920	Línea de producción 7	No
2	Tablero Utilta 1	Línea de producción 5	Si
3	Tablero Utilta 2	Línea de producción 6	No
4	Tablero IMA	Línea de producción 4	No
5	Tablero Siebler 1	Línea de producción 3	Si
6	Tablero Siebler 2	Línea de producción 2	No
7	Tablero S250	Línea de producción 1	No

 **Bayer HealthCare**

Tablero número 2, Utilta 1, cuarto de producción 5



Como se observa hay varios elementos iguales en el tablero, sin embargo uno de ellos presenta una temperatura demasiado alta.

 **Bayer HealthCare**

Tablero número 5, Siebler 1, Línea de producción 3



Este es otro caso en el que existen varios elementos iguales y dos de ellos presentan sobrecalentamiento, esto puede deberse a una conexión floja o sobrecarga.

 **Bayer HealthCare**

Algunos puntos calientes encontrados en la maquinaria



Se localizo un punto caliente en un cable eléctrico que se encuentra en el mecanismo para darle movimiento al rodillo de sellado.

 **Bayer HealthCare**



El motor de accionamiento de la válvula de apertura presenta una temperatura demasiado alta, para el tipo de trabajo que realiza

Continuación apéndice 12.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. Toma de tiempos para cambio de formato de línea 1

Tabcín AN a A/N

Estudio número: 1	Fecha:		Colaboradores:																					
			JOSE JUAREZ SEBASTIAN VELASQUEZ RUDY MALDONADO CARLOS VELASQUEZ ERGL HERRERA JUAN GUBUR EDGAR CULAJAY																					
Operación: cambio de formato Línea 1 Tabcín AN a A/N		Observador: Ricardo Rodríguez																						
No. de muestra	Desmontaje piezas de tableadora		Limpieza de empacadora		Limpieza y aspiración de todas las piezas de tableadora y estructura		Limpieza de estructura de selladora		Limpieza y aspiración de piezas de selladora		Limpieza superficial de maquina tableadora		Preparación de piezas para el nuevo formato		Montaje de piezas de tableadora		Limpieza superficial de maquina selladora		Limpieza de pisos y puertas		Arman selladora			
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T		
	24	24	40	16	50	10	116	66	150	34	162,3	123	170,3	8	177,3	7	226,3	49	275,3	49	329,3	54	391,4	62,1
	22,5	22,5	45	17,8	53,3	8,3	107,9	54,6	138	30,1	149,1	111,1	156,3	7,2	162,4	6,1	212,9	50,5	258,4	45,5	309	50,6	367,4	58,4
23,1	23,1	46,2	17,2	55,7	9,5	113	57,3	145	32	157,5	125	164	6,5	170,8	6,8	219,4	48,6	268,1	48,7	322	53,9	382,1	60,1	
RESUMEN:																								
SUMA		69,6	51	27,8	177,9	96,1	35,9	21,7	19,9	148,1	143,2	158,5	180,6											
TIEMPO PROMEDIO		23,2	17,0	9,3	59,3	32,0	12,0	7,2	6,6	49,4	47,7	52,8	60,2											
TIEMPO CRONOMETRADO		376,8		Minutos		Horas																		
		6,3																						

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14.

Toma de tiempos para cambio de formato de línea Noack 920 Alka AD a Cardioaspirina

Estudio número: 2	Fecha:		Colaboradores:		L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T				
	L	T	L	T															L	T	L	T
Línea Noack 920 Alka AD a Cardioaspirina	JULIO CHAVEZ		JULIO BOY																			
Observador: Ricardo Rodríguez																						
No. de muestra	Desmontaje piezas de selladora		Limpieza de empacadora		Limpieza y aspiración de de todas las piezas de selladora y estructura		Preparación de piezas para el nuevo formato		Montaje de piezas de selladora		Preparación de material de empaque para nuevo formato		Limpieza de pisos y puertas de selladora y empacadora		Colocación de materiales para nuevo formato		Programación de selladora y empacadora para nuevo formato		Ajustes previos al inicio de producción		Limpieza general del área de trabajo	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
	35,2	35,2	75,7	40,5	108,3	32,6	128,4	20,1	172	43,7	190,4	18,3	215,1	25	247,5	32,4	297,8	50,3	333,6	35,8	362,9	29,3
	34,1	34,1	68,2	40,3	100,1	31,9	120,4	20,3	163	42,9	181,7	18,4	206,8	25	238,9	32,1	288,8	49,9	324,8	36	353,9	29,1
3	35,7	35,7	71,4	40,6	103,7	32,3	123,5	19,8	167	43,8	185,4	18,1	210,3	25	242,9	32,6	293	50,1	328,9	35,9	358,2	29,3
RESUMEN:																						
SUMA		105	121,4	96,8	60,2	130,4	54,8	74,7	97,1	150,3	107,7	87,7										
TIEMPO PROMEDIO		35,0	40,5	32,3	20,1	43,5	18,3	24,9	32,4	50,1	35,9	29,2										
TIEMPO CRONOMETRADO		362,0		Minutos		6,0		Horas														

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. Toma de tiempos para cambio de formato de línea 2

Tabcín AN a A/N

Estudio número: 3	Fecha:		Colaboradores: JOSE JUAREZ SEBASTIAN VELASQUEZ RUDY MALDONADO CARLOS VELASQUEZ ERGIL HERRERA JUAN GUBUR EDGAR CULAJAY						Observador: Ricardo Rodriguez																						
			Desmontaje piezas de tableteadora		Desmontaje piezas de selladora		Limpieza y aspiración de todas las piezas de tableteadora y estructura		Limpieza de estructura de selladora		Limpieza superficial de maquina tableteadora		Preparación de piezas para el nuevo formato		Montaje de piezas de tableteadora		Limpieza superficial de maquina selladora		Limpieza de pisos y puertas		Arman selladora										
No. de muestra	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T									
1	22,5	22,5	40,1	17,6	49,3	9,2	104,6	55,3	140	35,1	151,8	12,1	160,8	9	168,4	7,6	216,4	48	265	48,6	325,1	60,1	386,3	61,2							
2	20,3	20,3	40,6	18,1	49,5	8,9	103,5	54	138	34,6	149,4	11,3	158,1	8,7	165,3	7,2	215,6	50,3	263,1	47,5	321,7	58,6	381,2	59,5							
3	21,6	21,6	43,2	17,4	52,8	9,6	106,7	53,9	141	34,5	153,8	12,6	161,7	7,9	169,2	7,5	220,2	51	268,9	48,7	328,3	59,4	389,1	60,8							
RESUMEN:																															
SUMA	64,4	53,1	127,7	53,2	163,2	27,7	326,8	163,2	404,2	104,2	436	36	500,8	25,6	523	22,3	649,3	149,3	714,8	448	845,1	178,1	1023,1	181,5							
TIEMPO PROMEDIO	21,5	17,7	42,9	17,7	47,6	9,2	105,6	54,4	134,7	34,7	153,8	12,0	161,7	8,5	167,4	7,4	220,2	49,8	268,9	48,3	328,3	59,4	389,1	60,5							
TIEMPO CRONOMETRADO	383,4		Minutos		Horas		6,4																								

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. Presentación de termografía, aplicaciones de la termografía y ventajas de la termografía

 Bayer HealthCare

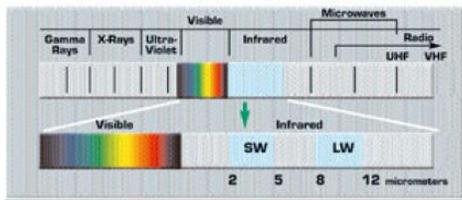
TERMOGRAFIA INFRARROJA EN EL MANTENIMIENTO

Ricardo D. Rodriguez

 Bayer HealthCare

ANALISIS TERMOGRAFICO

El espectro electromagnético



 Bayer HealthCare

Radiaciones infrarrojas se encuentran entre las zonas visibles e invisibles del espectro electromagnético. La principal fuente de radiación infrarroja es el calor o radiación térmica.

El calor que sentimos del sol, de un fuego o de un radiador también es infrarrojo. Aunque nuestros ojos no pueden verlo, los nervios de nuestra piel pueden sentirlos como calor. Cuanto más caliente esté el objeto, mayor cantidad de radiación infrarroja emitirá.

La termografía por infrarrojos es el arte de transformar una imagen de infrarrojos en una imagen radio métrica, que permita leer los valores de las temperaturas de la imagen. Con este fin, la cámara de infrarrojos incorpora complejos algoritmos.

 Bayer HealthCare

COMO TRABAJAN LAS CAMARAS TERMOGRAFICAS



La energía infrarroja (A) proveniente de un objeto es enfocada por el conjunto de lentes (B) sobre un detector de infrarrojos (C). El detector envía la información a la electrónica del sensor (D) para procesar la imagen. La electrónica convierte los datos provenientes del detector en una imagen (E) que puede ser vista en el visor

 Bayer HealthCare

PORQUE USAR TERMOGRAFIA INFRARROJA?

- 1- La termografía infrarroja es una técnica, mediante la cual, se reúne toda la información térmica de un equipo eléctrico o mecánico, de tal forma que se pueda monitorear bajo condiciones de trabajo normales o anormales, y descubrir posibles problemas que generarán fallas futuras.
- 2- La temperatura es uno de los primeros parámetros observables que pueden indicar la condición de operación de un equipo.
- 3- Todos los procesos industriales operan con energía mecánica, eléctrica o química, siendo convertida de una a otra; el calor es un subproducto que se genera al darse este tipo de conversiones.

 Bayer HealthCare

- 4- Universalmente es aceptado que la temperatura es un excelente indicador de la condición de operación y por ende de la confiabilidad y duración de un componente. Asociaciones como la IEEE, ANSI, IEC y los fabricantes, publican estándares de rangos de temperatura de operación, de los productos ofrecidos al mercado. Es lógico que con la evaluación de las condiciones térmicas por medio de la termografía, se puede proveer al departamento de mantenimiento de una información valiosa directamente relacionada con las condiciones de operación.

Continuación apéndice 16.

 **Bayer HealthCare**

PORQUE IMPLEMENTAR UN ESTUDIO TERMOGRAFICO

- Reducción de tiempo en la revisión de equipos y componentes que estén en buenas condiciones; por medio de la termografía infrarroja se determina cuales elementos son los que se deben revisar o reparar.
- Los problemas que verdaderamente existen, serán identificados rápidamente, dando la oportunidad de hacer las reparaciones, antes de que estos fallen.
- Se pueden identificar problemas que no sean críticos, monitorearlos por un periodo de tiempo y hacer la reparación programadamente.
- Reducción de riesgo de fallo en equipo en mal estado o con fallas no detectables por los análisis convencionales.
- Reducción de siniestros, mediante un análisis no destructivo del equipo.

 **Bayer HealthCare**

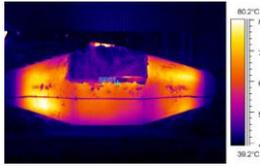
- Seguridad – Las fallas de los componentes eléctricos pueden ser catastróficas pudiendo dañar otros equipos.
- Confiabilidad – el encontrar los problemas antes de que produzcan una falla, reduce grandemente paros no programados, asociados a equipos productivos.
- Incrementa rentabilidad – con mas tiempo productivo, la rentabilidad es maximizada. Con menos mantenimiento en componentes buenos y reparaciones rápidas en componentes con fallas, se reducen los costos de mantenimiento, llevándolo a un base de gastos mas baja.
- Reducción de costos – El costo por un mantenimiento de emergencia es 10 veces mayor que un mantenimiento planeado.
- Inspecciones mas eficientes - Como todos los problemas eléctricos se anuncian con un incremento de temperatura, son fácilmente detectables, en un tiempo corto y sin interrumpir el servicio.
- Reducción en inventario - con esta técnica de inspección se tiene la ventaja de evitar fallas, razón por la cual se necesitan menos repuestos en inventario.

 **Bayer HealthCare**

APLICACIONES INDUSTRIALES

 **Bayer HealthCare**

Horno de cubilote



Esta fotografía infrarroja muestra un horno lleno de hierro fundido, se esta examinando que estado tiene el material aislante refractario, si este presenta puntos demasiado delgados, es posible que se rompa y permita que el hierro fundido llegue hasta las paredes del horno dañándolo severamente.

Esta evaluación solo se puede hacer con análisis termografico, caso contrario se tendría que levantar el ladrillo refractario para medir su espesor o limpiar totalmente el horno(lo cual es altamente difícil) y luego hacer una evaluación visual.

 **Bayer HealthCare**

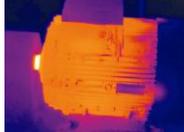
Trampas de vapor




En esta fotografía se puede ver el problema que se tiene en una trampa de vapor, la cuál tiene una fuga permanente, esto es característica de un sistema de vapor viejo y mal mantenido.

 **Bayer HealthCare**

Motor AC




Análisis de motor AC, el cual presenta recalentamiento interno, especialmente en la parte delantera.

Este caso es muy común en las industrias, ya que una gran mayoría de estos motores son rebobinados, razón por la cual quedan con deficiencias permanentes de calentamiento, lo que les acorta la vida útil.

Continuación apéndice 16.

Bayer HealthCare

Cuarto frio

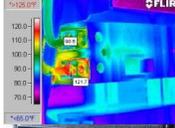
Análisis de paredes de un cuarto frio, se puede observar problemas de aislamiento en la parte superior, en la unión de el cielo del cuarto y la pared vertical.

Este caso en particular, causa un gasto alto de energía para mantener la temperatura adecuada, se tiene la posibilidad que al deteriorarse mas el aislamiento, se produzcan daños en el producto que se almacene en ese lado.



Bayer HealthCare

Interrupor con problemas



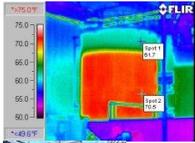
Este termograma presenta un interruptor que tiene una fase con temperatura de 121.7 grados centigrados, lo cual esta fuera de lugar; al analizar los amperajes en cada fase encontramos que una de ellas tenia una carga del 80% mas que lo permitido.

Este caso es de alta prioridad ya que es posible que en corto tiempo el cable o el interruptor falle, y se presente un problema eléctrico serio, de graves consecuencias.



Bayer HealthCare

Tanques



En las termografías de tanques, se puede llegar a diagnosticar problemas de espesor en las paredes de este, por diferencias de patrones de temperatura, especialmente en los que contienen vapor, acido y todo material corrosivo.

Especialmente utilizado en instalaciones con gran cantidad de tuberías de transporte y tanques.



Bayer HealthCare

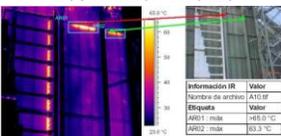
EJEMPLOS DE TERMOGRAFIAS

Bayer HealthCare

HORNO CON PROBLEMA EN JUNTA



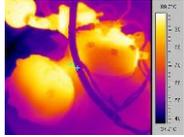

RECUPERADOR DE CALOR



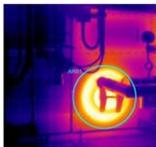
Información IR	Valor
Numero de archivo	2410.tif
Etiqueta	Valor
ASST1 - min	105.0 °C
ASST2 - max	150.3 °C

Bayer HealthCare

COMPRESOR DE CHILLER

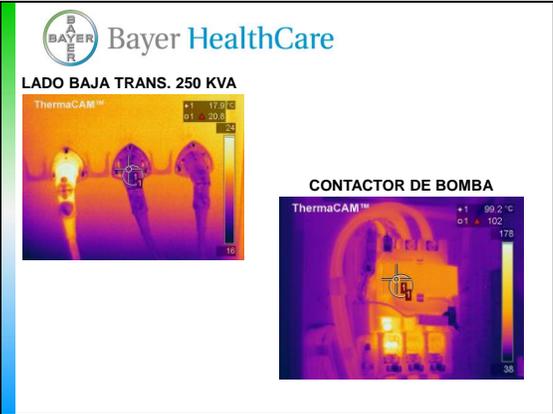


TAPA DE CALDERA



Información IR	Valor
Numero de archivo	AD9.tif
Etiqueta	Valor
ASST1 - min	104.8 °C

Continuación apéndice 16.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 17. **Presentación de ultrasonido, aplicaciones del ultrasonido y ventajas del ultrasonido**



ULTRASONIDO EN EL MANTENIMIENTO

Ricardo D. Rodriguez



Ultrasonido

El ensayo de ultrasonido se basa en las propiedades de la propagación, reflexión y refracción de vibraciones mecánicas de frecuencias.

Este rango de frecuencias está muy por encima de lo audible, por esta razón se les llama ondas ultrasónicas.

Conociendo la velocidad de propagación en el material ensayado es posible evaluar su espesor midiendo tiempo de recorrido.

También es posible evaluar las discontinuidades del material en que se propaga esta onda, lo que permite la detección y evaluación de las mismas.





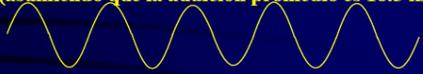
El rango audible de sonido se encuentra en 20 Hz hasta 20 KHz, el umbral promedio de percepción del sonido es de 16,500 Hz.

Ultrasonido propagado en aire es vibración de alta frecuencia que transmite energía por desplazamiento de partículas en el aire.

Tecnología de ultrasonido normalmente concierne a frecuencias desde 20,000 Hz y más.



EL RANGO DE TAMAÑO DE ONDAS DE SONIDO DE BAJA FRECUENCIA ES DE 3/4" (.02CM) TO 56' (20.95M) (asumiendo que la audición promedio es 16.5 kHz)



WAVES RANGE IN SIZE FROM 1/8" (0.0034 CM) HIGH FREQUENCY (ULTRASOUND) SOUND A 5/8" (0.017 CM) (assuming ultrasound range from 20 kHz-100kHz)




MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN ULTRASONIDO







Continuación apéndice 17.

 Bayer HealthCare

QUE ES PRUEBA PREDICTIVA?

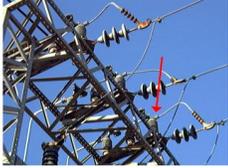


- Las Pruebas Predictivas ahorran mucho tiempo y dinero a la vez.
- Como :
 - Detectando problemas muy incipientes antes que estos pasen a ser graves.
 - Impedir paros temporales en las plantas



 Bayer HealthCare

DONDE SE UTILIZAN PRUEBAS PREDICTIVAS



- Equipos Eléctricos
- Equipos Rotativos



 Bayer HealthCare

BENEFICIOS DE PRUEBAS PREDICTIVAS

- Substancialmente menos costosas que una Avería o método Preventivo.
- No interrupción de operaciones.
- Más problemas Encontrados que con otros métodos tradicionales
- Permite Mejor planificación de reparaciones y gastos de dinero.

 Bayer HealthCare

APLICACIONES Y TECNOLOGÍA

 Bayer HealthCare

APLICACIONES GENERALES

- ✓ DETECCION DE FUGAS
- ✓ INSPECCION MECANICAS
- ✓ INSPECCION ELECTRICAS



 Bayer HealthCare

FUGAS DE PRESION Y VACIO AIRE COMPRIMIDO OXIGENO HIDROGENO INTERCAMBIADORES DE CALOR CALDERAS CONDENSADORES TANQUES CANERIAS VALVULAS TRAMPAS DE VAPOR EQUIPOS ELECTRICOS CAJA INTERRUPTORA TRANSFORMADORES INSULADORES TABLEROS TORRES DE ALTA TENSION	INSPECCION MECANICA RODAMIENTOS FALTA DE LUBRICACION BOMBAS MOTORES CAJAS DE ENGRANAJES VENTILADORES COMPRESORES
	AUTOMOVILES TRENES MARINE AVIACION

Continuación apéndice 17.

 Bayer HealthCare

APLICACIONES EN BAYER S.A. GUATEMALA

 Bayer HealthCare

EQUIPO UTILIZADO EN LA EMPRESA

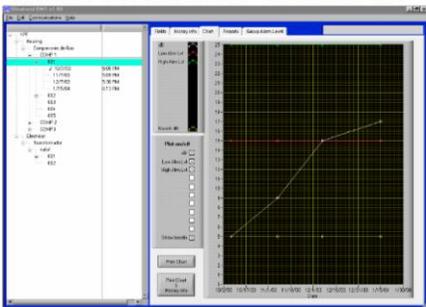
ULTRAPROBE 10,000
El equipo de Ultrasonido mas avanzado en el mundo.

Puede grabar todos los sonidos directo a una tarjeta Flash Card



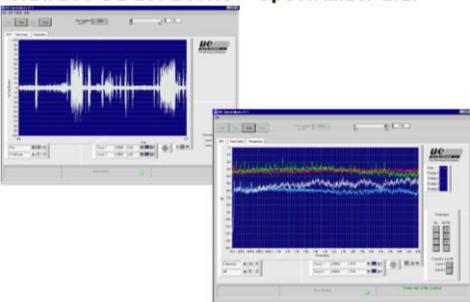
 Bayer HealthCare

GRAFICO DE TENDENCIA – Ultratrend DMS



 Bayer HealthCare

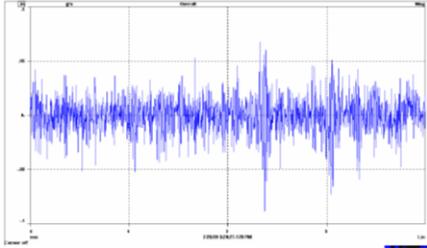
GRAFICO DE ESPECTRO – Spectralizer 1.1.



 Bayer HealthCare

CASO ESTUDIADO INTEGRANDO VIBRACION Y ULTRASONIDO.

Este es el espectro de una caja de engranaje A usando análisis de Vibración.



 Bayer HealthCare

INSPECCION EN TRAMPAS DE VAPOR



- FUGAS DE VAPOR
- OBSTRUCCIONES DE TUBERIAS
- LOS GOLPETEOS DE VAPOR
- DETECCION FUGAS INTERNAS EN VALVULAS Y OBSTRUCCION

Continuación apéndice 17.

 Bayer HealthCare

DETECCION DE FUGAS

Al pasar cualquier gas (aire, O₂, N₂, etc) por un orificio de fuga, este genera un flujo turbulento que tiene componentes de alta frecuencia detectable.

**TURBULENCIAS EXTERNA
PRESION**

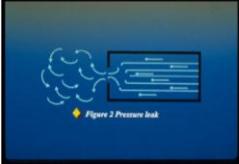


Figure 2 Pressure leak

**TURBULENCIAS INTERNA
VACIO**

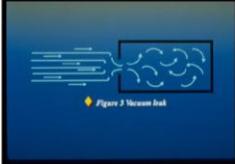


Figure 3 Vacuum leak

 Bayer HealthCare

- PRESION
- VACIO
- GENERADOR DE TONO



- SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO
- GASES INDUSTRIALES: H₂, O₂, N₂, ETC
- INTERCAMBIADORES DE CALOR
- CALDERAS
- CONDENSADORES
- DEBAJO DE TIERRA/ DETRAS DE PAREDES
- VAPOR
- PRESION/ VACIO / TONO

 Bayer HealthCare

- INTERCAMBIADOR DE CALOR
- CALDERAS
- CONDENSADORES






 Bayer HealthCare

**TESTING SHELL & TUBE
HEAT EXCHANGERS**



- ◆ Pressure
- ◆ Vacuum
- ◆ Tone

**AIR PRESSURE
TEST METHOD**



TONE TEST METHOD



 Bayer HealthCare

METODO DE CONFIRMACION DE FUGAS

- Grueso a Fino
- Dividir en Partes
- Confirmacion



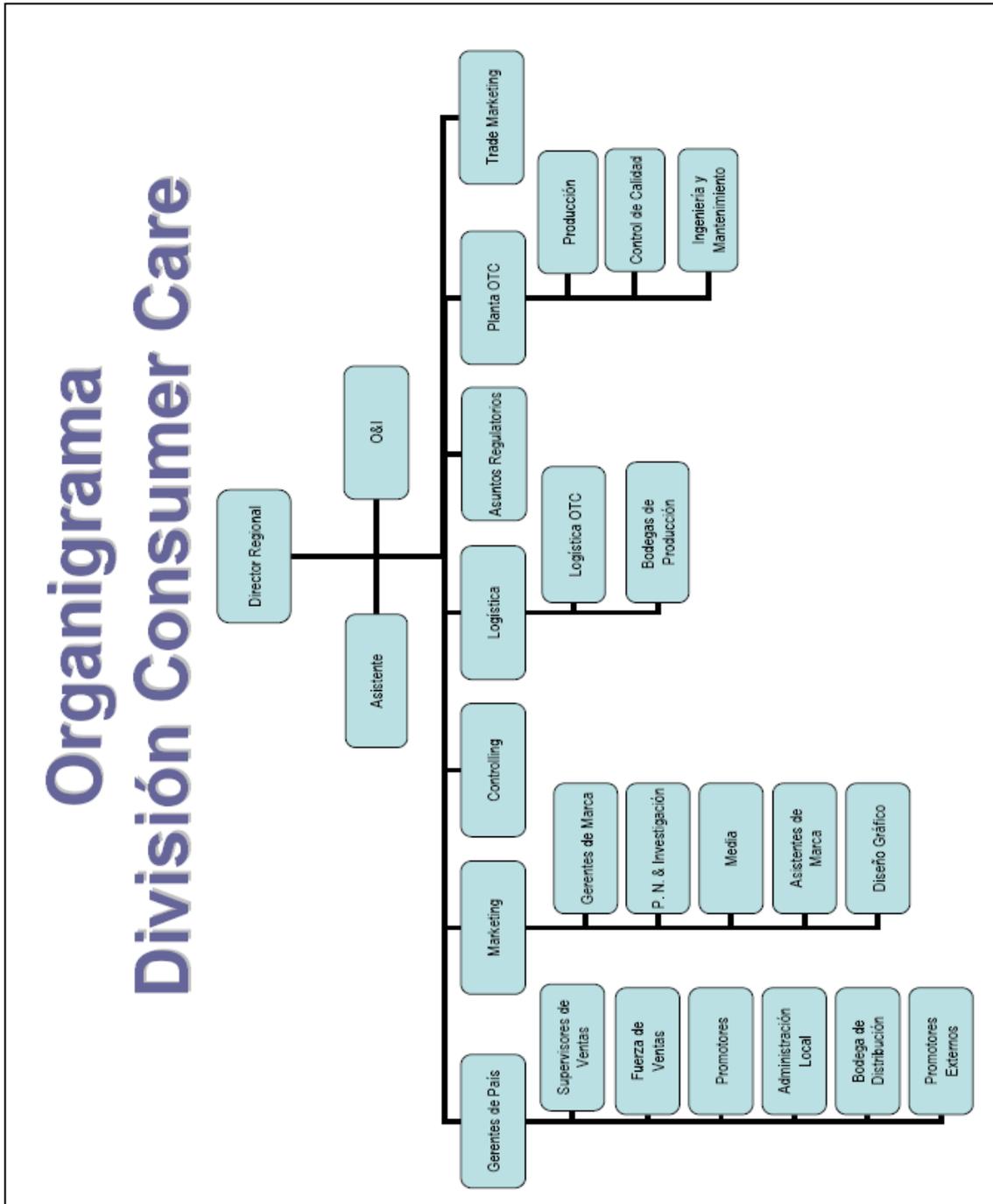




Fuente: elaboración propia.

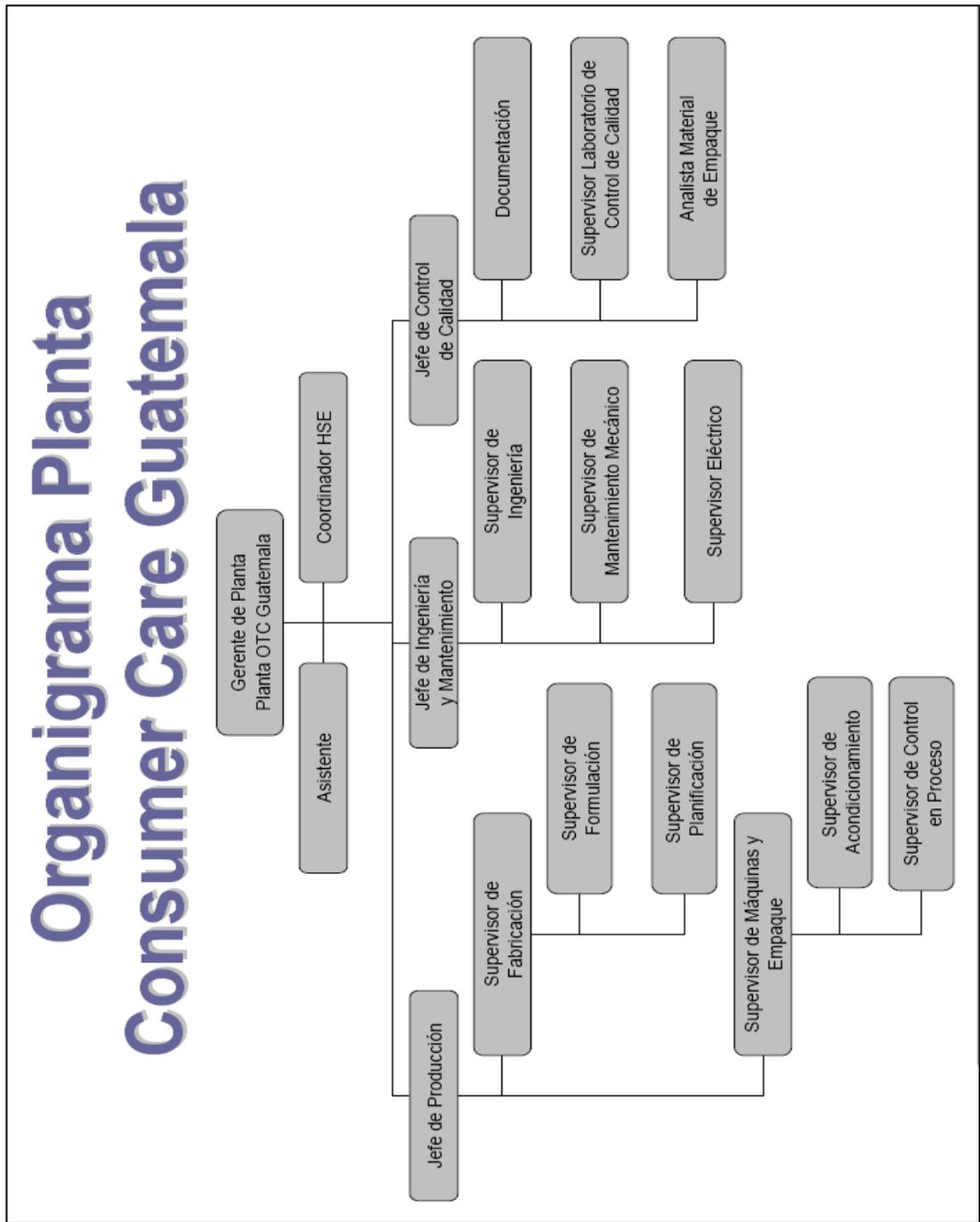
ANEXOS

Anexo 1. Organigrama de la división **Consumer Care** de Bayer



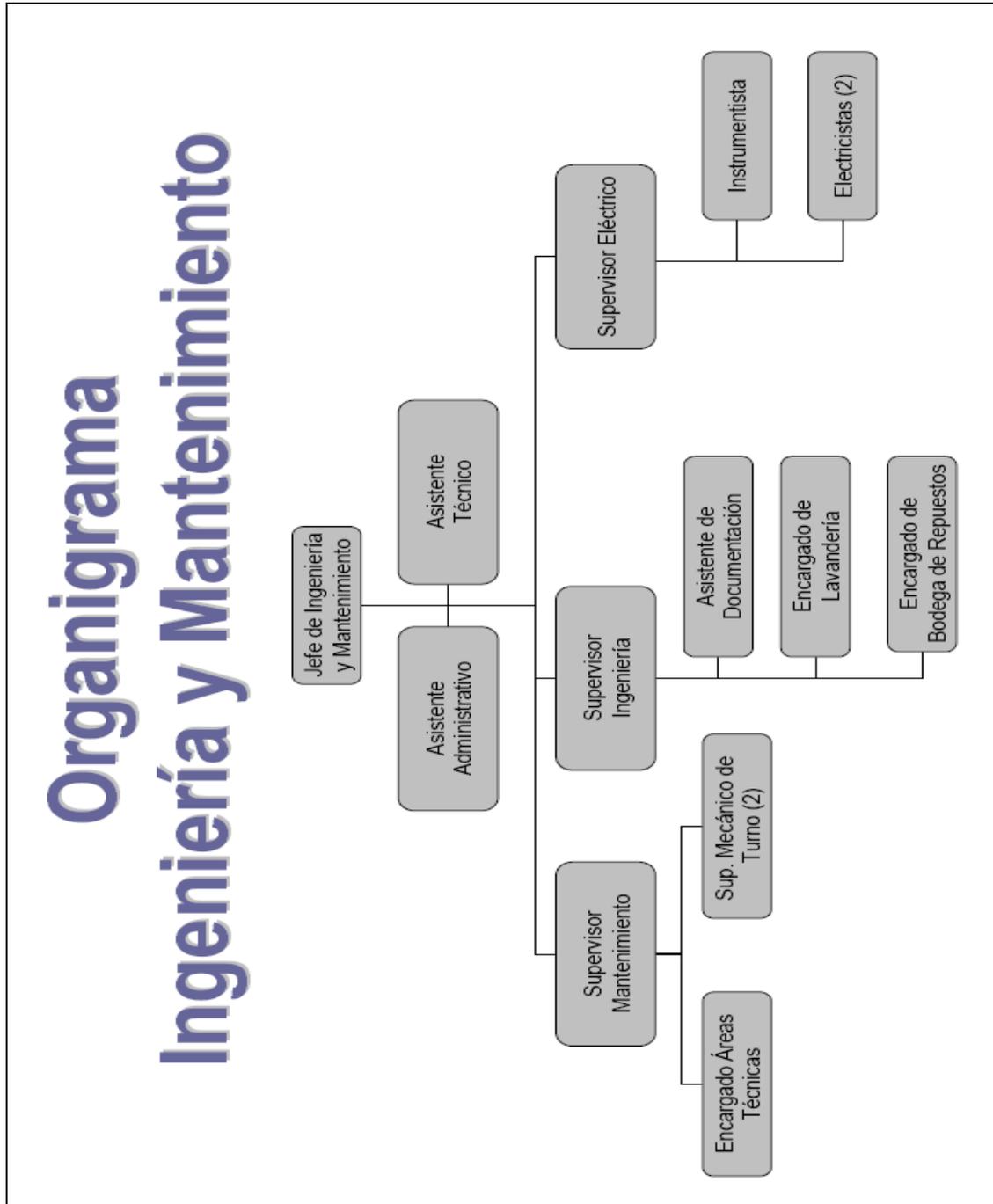
Fuente: base de datos de procedimiento internos de Bayer, S.A.

Anexo 2. Organigrama de la planta **Consumer Care** en Guatemala



Fuente: base de datos de procedimiento internos de Bayer, S.A.

Anexo 3. Organigrama del de Ingeniería y mantenimiento



Fuente: base de datos de procedimiento internos de Bayer, S.A.

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos ¹					
1. SUPLEMENTOS CONSTANTES					
	Hombres	Mujeres			
A. Suplemento por necesidades personales	5	7			
B. Suplemento base por fatiga	4	4			
2. SUPLEMENTOS VARIABLES					
	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	4		45
B. Suplemento por postura anormal			2		100
Ligeramente incómoda	0	1			
incómoda (inclinado)	2	3			
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7			
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)					
Peso levantado [kg]					
2,5	0	1			
5	1	2			
10	3	4			
25	9	20			
35,5	22	máx			
D. Mala iluminación					
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0			
Bastante por debajo	2	2			
Absolutamente insuficiente	5	5			
E. Condiciones atmosféricas					
Índice de enfriamiento Kata					
16		0			
8		10			
			F. Concentración intensa		
			Trabajos de cierta precisión	0	0
			Trabajos precisos o fatigosos	2	2
			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
			G. Ruido		
			Continuo	0	0
			Intermitente y fuerte	2	2
			Intermitente y muy fuerte	5	5
			Estridente y fuerte		
			H. Tensión mental		
			Proceso bastante complejo	1	1
			Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
			Muy complejo	8	8
			I. Monotonía		
			Trabajo algo monótono	0	0
			Trabajo bastante monótono	1	1
			Trabajo muy monótono	4	4
			J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

¹ Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. Ejemplo sin valor normativo