



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

**ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE
COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA
TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL**

Eliud Estuardo Osorio García

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, mayo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE
COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA
TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ELIUD ESTUARDO OSORIO GARCÍA

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

**ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE
COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA
TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de octubre de 2012.



Eliud Estuardo Osorio García



Guatemala, 04 de agosto de 2014.
REF.EPS.DOC.827.08.2014.

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

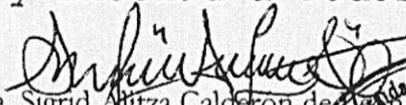
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Eliud Estuardo Osorio García**, Carné No. 200011109 procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 04 de agosto de 2014.
REF.EPS.D.413.08.2014

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

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

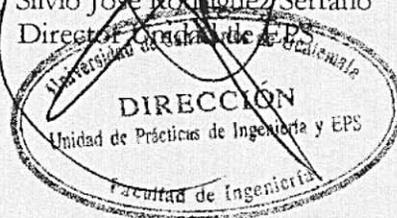
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Eliud Estuardo Osorio García** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director

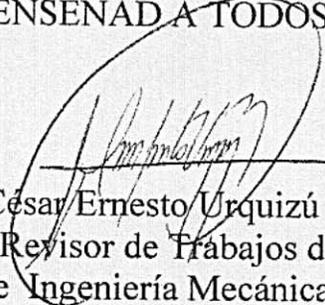


SJRS/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL**, presentado por el estudiante universitario **Eliud Estuardo Osorio García**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, agosto de 2014.

/mgp



REF.DIR.EMI.073.016

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 **ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL**, presentado por el estudiante universitario **Eliu Estuardo Osorio García**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2016.

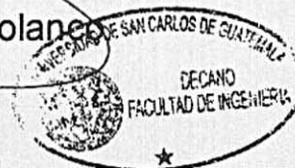
/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE LA EMPRESA TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL**, presentado por el estudiante universitario: **Eliud Estuardo Osorio García**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

907/102
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, mayo de 2016

ACTO QUE DEDICO A:

Dios Trino

Infinitas gracias Dios Padre, Dios Hijo y Dios Espíritu Santo; por concederme el milagro de la vida, el amor, la salud; las virtudes de sabiduría, conocimiento y humildad necesarias para cumplir y alcanzar esta meta tan anhelada.

Virgen María

Infinitas gracias Santa María, Madre de Dios, por caminar a mi lado en los momentos de alegría, tristeza y enfermedad; a ti mi más grande amor.

Mi padre

Manuel de Jesús Osorio Gutiérrez, por su infinito amor de padre, sus sabios consejos, comprensión, atención, alegría, disciplina e inculcarme la lucha por la vida y búsqueda del conocimiento continuo.

Mi madre

Reina Isabel García Ramos de Osorio, por haberme concebido con amor, cuidarme en todo momento de mi vida, enseñarme a caminar firme y con carácter; a ser perseverante y tener presente que solo se puede alcanzar cuando se mira lejos.

Mis hermanas

Lycia Lucette y Ligia Ludvina Osorio García, por compartir a mi lado infinitas alegrías, logros y adversidades, darme sus consejos y enseñanzas con amor, dedicación y paciencia.

Mi esposa

Irma Susana Ixpanel Palala de Osorio, por darme su amor incondicional y con humildad, darme la gracia de ser padre y formar a su lado la familia que juntos hemos anhelado, a ti gracias amada mía.

Mi hija

Susana Abigail Osorio Ixpanel, por ser el motivo de amor infinito, lucha constante, compromiso y responsabilidad de padre; gracias amada hija por dar luz a mi existencia.

Mis sobrinos

Marisol Vargas Osorio, Diego y Gabriela Pérez Osorio y Samuel Osorio García, por ser el centro de alegría familiar, ocupar el lugar en el corazón de mis padres como hijos propios, llenar de nuevo el hogar con amor, risas, travesuras y caricias; que solo la etapa de la niñez puede brindar.

Mis abuelos

Rosaura Ramos, Zoila Gutiérrez, Dagoberto García, Anselmo Osorio, Manuela Méndez y José Ramos, la gracia y dicha de pasar a través de las generaciones su amor y cariño que en tiempos presentes sigue firme y fuerte.

Mi tía abuela	Alicia Ramos, por brindarme sus muestras de cariño y apoyo, en todo momento.
Mis tíos y tías	En especial a Odilia García, Antonio Ramos e Isabel Oliveros, por brindarme su cariño y compañía en momentos importantes de mi vida.
Mis primos hermanos	Julio y Pablo Ávila García, por compartir y brindarme su cariño y aprecio en los momentos especiales de mi existir.
Mi suegra	Eusebia Ixpanel, por recibir sus sabios consejos y cariño constante.
Mis amigos	Por compartir momentos inolvidables en estudio y entretenimiento.
Mi doctor	Eduardo Moreno, por sus muestras de aprecio y brindarme su ayuda incondicional, en momentos críticos de mi vida.
Mi asesora	Ingeniera Sigrid Calderón, por apoyarme y brindarme sus conocimientos en la elaboración del presente trabajo de graduación.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios, que me abrigó y me dio la oportunidad de poseer los conocimientos necesarios para realizarme como profesional.

Facultad de Ingeniería

Por ser el alma, fuerza e inspiración en mi carrera profesional y forjarme sabiamente en el hermoso campo de la ingeniería moderna.

**Gerencia de
mantenimiento de
Textisur Internacional**

En especial al Ingeniero Hugo Sosa, por darme la oportunidad de desempeñarme en el campo de la ingeniería, compartir sus experiencias laborales y brindarme su amistad.

**Personal de
mantenimiento de
Textisur Internacional**

En especial a Madelio Coc, Enrique Santos, Carlos Santizo, Carlos Coc, Cruz Muj, Carlos Muj, Carlos Moreno, Erasmo Pérez, Filiberto Gómez, Gonzalo Grijalva y Luis Sumalé, por brindarme su apoyo y conocimiento sin celo.

Textisur Internacional

Por darme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XIX
RESUMEN	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA TEXTILES DEL SUR	
INTERNACIONAL	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Antecedentes	3
1.1.2. Visión y misión de la institución	4
1.1.3. Valores.....	4
1.1.4. Servicios que presta la institución.....	5
1.1.5. Estructura organizacional	6
1.2. Descripción del proceso de producción por medio de vapor	8
1.2.1. Proceso de engomado.....	14
1.2.1.1. Carga de bobinas.....	15
1.2.1.2. Preparación de las engomadoras	16
1.2.1.3. Preparación de la goma	18
1.2.1.4. Engomado.....	20
1.2.2. Proceso de Teñido.....	21
1.2.2.1. Prueba de teñidura	25
1.2.2.2. Carga y calentamiento de agua a la maquinaria	27

	1.2.2.3.	Gradiente de temperatura.....	29
	1.2.2.4.	Preparación de olla de colorantes	32
	1.2.2.5.	Teñido.....	32
1.2.3.		Proceso de Acabado	34
	1.2.3.1.	Lavado de tela	35
	1.2.3.2.	Blanqueado	37
	1.2.3.3.	Mercerizado.....	38
	1.2.3.4.	Sanforizado	39
	1.2.3.5.	Secado	40
	1.2.3.6.	Lijado.....	41
	1.2.3.7.	Afelpado	42
1.3		Descripción del proceso de tejeduría rectilínea.....	42
	1.3.1.	Proceso de tejeduría rectilínea.....	46
		1.3.1.1. Urdido sintético.....	47
		1.3.1.2. Tejeduría recta	48
2.		FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR	49
2.1		Descripción del problema.....	50
2.2.		Conceptos básicos.....	50
2.3.		Diagnóstico de la situación actual de las trampas de vapor.....	53
	2.3.1.	Diagrama causa y efecto de la situación actual	55
	2.3.2.	Condiciones de mantenimiento	57
2.4.		Análisis de las trampas de vapor	58
	2.4.1.	Trampas de vapor utilizadas en Textisur.....	60
		2.4.1.1. Especificaciones sobre análisis a trampas de vapor.....	62
		2.4.1.1.1. Análisis de trampas termodinámicas.....	64

	2.4.1.1.2.	Análisis de trampas termostáticas	67
	2.4.1.1.3.	Análisis de trampas de balde invertido	72
	2.4.1.1.4.	Análisis de trampas de flote.....	75
2.4.1.2.		Cálculo de temperaturas y presiones de operación	79
	2.4.1.2.1.	Cálculo de temperaturas permisibles	82
	2.4.1.2.2.	Cálculo de presiones permisibles	83
	2.4.1.2.3.	Cálculo de temperaturas máximas y mínimas	84
	2.4.1.2.4.	Cálculo de temperaturas promedio...	85
	2.4.1.2.5.	Cálculo de presiones máximas y mínimas	86
	2.4.1.2.6.	Cálculo de presiones promedio.....	87
2.4.2.		Cálculo de la eficiencia en las trampas de vapor	88
	2.4.2.1.	Por pérdida mínima de vapor	90
	2.4.2.2.	Por larga vida y servicio seguro	94
	2.4.2.3.	Por resistencia a la corrosión	96
	2.4.2.4.	Por venteo del aire	97
	2.4.2.5.	Por venteo del bióxido de carbono.....	98

	2.4.2.6.	Por funcionamiento con contrapresión.....	99
	2.4.2.7.	Por problemas de suciedad	100
2.5.		Análisis por medio de termografía infrarroja para las trampas de vapor	101
	2.5.1.	Aplicación de termografía en las trampas de vapor	102
	2.5.1.1.	Cámara termográfica Ti-25.....	103
	2.5.1.2.	Emisividad en las trampas de vapor	106
	2.5.1.3.	Tipo de paleta para el análisis de trampas de vapor.....	108
	2.5.1.4.	Rangos de temperatura para el análisis.....	109
	2.5.1.5.	Captura de fotografías termográficas ...	110
	2.5.2.	Cámara termográfica en el diagnóstico de fallas.....	111
	2.5.2.1.	Tipos de falla en las trampas de vapor por medio del análisis termográfico	112
		2.5.2.1.1. Falla abierta	113
		2.5.2.1.2. Falla cerrada.....	114
	2.5.2.2.	Presentación de resultados de análisis por medio de termografía infrarroja para las trampas de vapor	115
		2.5.2.2.1. Hoja de resultados.....	131
		2.5.2.2.2. Valores medidos	136
2.6.		Determinación de los costos de vapor por medio del consumo de maquinaria	143
	2.6.1.	Consumo de vapor por equipo	146
	2.6.1.1.	Medidor de flujo	147

	2.6.1.2.	Generación de tabla de consumo de vapor.....	148
2.7.		Minimización de costos en el sistema de distribución de vapor.....	150
	2.7.1.	Trampeo de sistemas abiertos.....	156
	2.7.2.	Trampeo en sistemas de distribución de vapor	160
	2.7.3.	Selección de trampas y factores de seguridad	163
2.8.		Costos de mantenimiento	166
	2.8.1.	Costo inicial del equipo	167
	2.8.2.	Costo de fallas	169
	2.8.3.	Costo de averías.....	170
	2.8.4.	Costo de mantenimiento	171
	2.8.5.	Costo total mínimo	173
	2.8.6.	Punto de equilibrio	173
2.9.		Costos de distribución y generación de vapor	175
	2.9.1.	Costo de distribución	175
	2.9.2.	Costo de generación.....	176
3.		FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN EL ÁREA DE TEJEDURÍA RECTILÍNEA	179
3.1.		Determinación de la cantidad total de luminarias del área de Tejeduría rectilínea	180
	3.1.1.	Cálculo de área de tejeduría rectilínea	181
	3.1.2.	Cálculo de luminarias T-12	181
3.2.		Tipo de luminarias en el área de tejeduría rectilínea	181
	3.2.1.	Cálculo de eficiencia en lámparas T-12.....	182
	3.2.2.	Consumo que presenta cada luminaria del área	182
	3.2.3.	Determinación de consumo eléctrico con luminarias T-12	182

3.3.	Propuesta de cambio de luminarias T-12 a luminarias T-8 para el área de tejeduría rectilínea.....	182
3.3.1.	Cálculo de eficiencia en lámparas T-8.....	184
3.3.2.	Consumo que presenta cada luminaria del área	185
3.3.3.	Determinación de consumo eléctrico con luminarias T-8.....	186
3.3.4.	Costos por propuesta de cambio de luminarias	186
4.	FASE DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE. PLAN DE CAPACITACIÓN	189
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación.....	189
4.2.	Planificación de capacitaciones	192
4.3.	Programación de las capacitaciones.....	193
4.4.	Evaluación de las capacitaciones	194
	CONCLUSIONES.....	195
	RECOMENDACIONES	197
	BIBLIOGRAFÍA.....	199
	ANEXOS.....	201

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de funcionamiento de Textisur	2
2.	Organigrama de Textisur	7
3.	Urdidora de algodón Karl Mayer	9
4.	Urdidora de algodón Benninger	9
5.	Urdidora de algodón Schlafhorst.....	10
6.	Diagrama de flujo del proceso tela poliéster y algodón.....	12
7.	Engomadora Benninger	14
8.	Engomadora Sucker Müller	15
9.	Bobina o plegador para engomado.....	16
10.	Cilindros de secado para engomadora	17
11.	Tina de engomado	18
12.	Pasos del engomado	21
13.	Tipos de maquinaria para tintorería cerrada	23
14.	Curva de subida de colorante disperso.....	25
15.	Perfil de la cubeta tejido pesado	28
16.	Perfil de la cubeta tejido delgado	28
17.	Curvas temperatura-tiempo tonos intensos	29
18.	Curvas temperatura-tiempo tonos medios	30
19.	Curvas temperatura-tiempo tonos claros	30
20.	Olla de preparación de colorantes	32
21.	Representación de las fases de tintura	33
22.	Lavadora marca Küster.....	36
23.	Lavadora marca Mezzera	36

24.	Blanqueadora marca Benninger	37
25.	Mercerizadora marca Benninger modelo Dimensa.....	38
26.	Sanforizadora marca Monforts	39
27.	Secadora marca Monforts	40
28.	Torre de cilindros marca MCS	41
29.	Lijadora marca Lafer.....	41
30.	Afelpadora Mario Crosta.....	42
31.	Diagrama de flujo del proceso de tela <i>nylon</i> y <i>lycra</i>	44
32.	Urdidora sintética Karl Mayer	47
33.	Tejedora recta Karl Mayer	48
34.	Sistema de distribución de vapor abierto.....	51
35.	Termografía infrarroja.....	53
36.	Diagrama de Pareto de situación actual de trampas de vapor	54
37.	Diagnóstico de las trampas de vapor en Textisur.....	56
38.	Diagrama de Pareto de fallas	57
39.	Diagrama de Pareto de fallas en departamentos	58
40.	Fugas internas en trampas de vapor	59
41.	Especificación en placa superior de trampa de vapor	60
42.	Gráfico de marcas de trampas de vapor en Textisur.....	61
43.	Gráfico de tipos de trampas de vapor en Textisur	62
44.	Trampa de vapor termodinámica de disco.....	64
45.	Funcionamiento de la trampa de vapor termodinámica	65
46.	Trampa de vapor termodinámica modelo TD-52	66
47.	Trampa de vapor termostática de presión equilibrada.....	68
48.	Funcionamiento de la trampa de vapor termostática de presión equilibrada	69
49.	Trampa de vapor termostática de presión equilibrada modelo BTP-13SXG	70
50.	Funcionamiento de trampa de vapor de balde invertido	72

51.	Trampa de vapor de balde invertido modelo B-1H.....	73
52.	Funcionamiento de la trampa de vapor de flote	75
53.	Trampa de vapor de flote y termostato modelo FT-14	76
54.	Principio de funcionamiento de pistola de temperatura	79
55.	Localización con pistola de temperatura de puntos calientes y fríos ...	80
56.	Sonda de contacto para temperatura.....	81
57.	Descarga de trampa de vapor FT-14 a la atmósfera	91
58.	Falla por fractura debida a corrosión en trampa de vapor de balde invertido B-1H	96
59.	Falla en trampa de vapor modelo BF Spirax Sarco por insuficiencia de venteo de aire	97
60.	Falla en trampa de vapor modelo B-1H Spirax Sarco por insuficiencia de venteo de bióxido de carbono (CO ₂).....	98
61.	Condesado descargado a la atmosfera con cambios en tubería	99
62.	Falla en trampa de vapor termodinámica de disco modelo TD-52 por contrapresión	100
63.	Falla en trampa de vapor de cubeta invertida por suciedad.....	101
64.	Aplicación de termografía en trampas de vapor.....	103
65.	Cámara termográfica Fluke Ti-25	104
66.	Paletas de visualización térmica	108
67.	Captura de fotografías e información termográfica	111
68.	Diagnóstico de fallas por medio de la cámara termográfica.....	112
69.	Falla abierta en trampa de vapor	114
70.	Falla cerrada en la trampa de vapor	114
71.	Imágenes termográficas de las trampas de vapor termodinámicas de disco.....	116
72.	Imágenes termográficas de las trampas de vapor termostáticas de presión balanceada	119

73.	Imágenes termográficas de las trampas de vapor de balde invertido	122
74.	Imágenes termográficas de las trampas de vapor de flote y termostato	127
75.	Porcentajes de estado actual en trampas de vapor de Textisur	136
76.	Diagrama de barras de análisis por medio de termografía en las trampas de vapor de Textisur	138
77.	Funcionamiento del intercambiador de calor en maquinaria	144
78.	Medidor de flujo de vapor	148
79.	Diagrama de Gantt para relevamiento de trampas con pérdidas vivas de vapor.....	155
80.	Trampeo en cilindros secadores de baja velocidad en engomadora Benninger	156
81.	Trampeo en máquinas de velocidades altas mercerizadora Benninger	157
82.	Trampeo en maquinaria multicilíndrica tipo secadora marca Monforts.....	158
83.	Trampeo en intercambiadores de calor	159
84.	Trampeo en calandras verticales.....	160
85.	Trampeo en cabezales de vapor caldera Power Master.....	161
86.	Trampeo en tuberías principales	162
87.	Trampeo en ramales de tubería de vapor.....	163
88.	Comportamiento de los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo	167
89.	Factores asociados con los costos de generación de vapor	177
90.	Iluminación en el área de tejeduría rectilínea	180
91.	Comparativo entre dimensiones de luminarias T-12 y T-8	183
92.	Comparativo entre bulbos de luminarias T-12 y T-8.....	184
93.	Comparativo entre eficiencias de luminarias T-12 y T-8.....	185

94.	Diagrama de Pareto para la necesidad de capacitación	190
95.	Diagnóstico de necesidades de capacitación	191
96.	Programación de las capacitaciones	193

TABLAS

I.	Productos para el engomado	20
II.	Máquinas tintorería cerrada Textisur.....	24
III.	Evaluación <i>Pilling</i>	26
IV.	Volumen de agua y relación de baño	27
V.	Procesos, temperaturas máximas y gradientes de temperatura.....	31
VI.	Maquinaria para tintorería continua y acabados.....	34
VII.	Maquinaria para urdido sintético y tejeduría recta	46
VIII.	Tipos de trampas de vapor	63
IX.	Trampas de vapor termodinámicas de Textisur.....	67
X.	Trampas de vapor termostáticas de Textisur.....	71
XI.	Trampas de vapor de balde invertido de Textisur.....	74
XII.	Trampas de vapor de flotador y termostato de Textisur	78
XIII.	Temperaturas permisibles en trampas de vapor	82
XIV.	Presiones permisibles en trampas de vapor	83
XV.	Temperaturas máximas y mínimas en trampas de vapor.....	84
XVI.	Temperaturas promedio en trampas de vapor	85
XVII.	Presiones máximas y mínimas en trampas de vapor	86
XVIII.	Presiones promedio en trampas de vapor.....	87
XIX.	Eficiencias en trampas de vapor	89
XX.	Fugas de vapor	90
XXI.	Vida útil en modelos de trampas de vapor utilizadas en Textisur.....	95
XXII.	Especificación de cámara termográfica Fluke modelo Ti-25.....	105
XXIII.	Emisividades de materiales.....	106
XXIV.	Rangos de temperatura para análisis de trampas de vapor	109

XXV.	Resultados para trampas termodinámicas de disco	132
XXVI.	Resultados para trampas termostáticas de presión balanceada	133
XXVII.	Resultados para trampas mecánicas de balde invertido	134
XXVIII.	Resultados para trampas mecánicas de flotador y termostato ...	135
XXIX.	Análisis para las trampas de vapor en Textisur	137
XXX.	Valores medidos para las trampas de vapor termodinámicas de disco	139
XXXI.	Valores medidos para las trampas de vapor termostáticas de presión balanceada	140
XXXII.	Valores medidos para las trampas de vapor mecánicas de balde invertido	141
XXXIII.	Valores medidos para las trampas de vapor mecánicas de flotador y termostato	142
XXXIV.	Consumo de vapor por equipo en Textisur	146
XXXV.	Generación de mediciones de consumo de vapor y propiedades de proceso	149
XXXVI.	Pérdidas de vapor vivo para trampas en mal estado antes de la termografía infrarroja	151
XXXVII.	Pérdidas de vapor vivo para trampas en mal estado después de la termografía infrarroja	153
XXXVIII.	Aplicaciones para las trampas de vapor	164
XXXIX.	Ventajas y desventajas de cada tipo de trampa de vapor	165
XL.	Factores de seguridad recomendados para trampas de vapor	166
XLI.	Costos unitarios iniciales de las trampas de vapor.....	168
XLII.	Costos unitarios de falla en trampas de vapor	170
XLIII.	Costos por averías	171
XLIV.	Costos de mantenimiento por horas de trabajo	172

XLV.	Costo total mínimo de mantenimiento	173
XLVI.	Costo de distribución de vapor por aislamiento en tuberías	176
XLVII.	Costos operacionales de caldera	177
XLVIII.	Costos por cambio de luminarias	186
XLIX.	Planificación de las capacitaciones	192
L.	Evaluación de las capacitaciones	194

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H₂CO₃	Ácido carbónico
c/u	Cada uno
cm	Centímetro
KWh	Consumo de energía por hora
PLC	Controlador lógico programable
CA	Corriente alterna
DN	Diámetro nominal
CO₂	Dióxido de carbono
hf	Entalpía del agua
hg	Entalpía del vapor
EPP	Equipo de protección personal
FE	Falla eléctrica
FM	Falla mecánica
FyV	Fuga y válvulas
°C/min	Gradiente de temperatura
h	Hora
IR	Imagen infrarroja
H.V.I	Instrumentos de alto volumen
kg/h	Kilogramo por hora
kg	Kilogramo unidad de medida de la masa del sistema internacional.
L	Litro

LUB	Lubricación
MP	Mantenimiento preventivo
Mman	Margen de mantenimiento
>	Mayor que
≤	Menor o igual que
m	Metro
μm	Micrómetro
mm	Milímetro
min	Minuto
O₂	Oxígeno diatómico
LCD	Pantalla de cristal líquido
%	Porcentaje
P+L	Producción más limpia
“	Pulgadas
Q	Quetzales
RI	Retorno de inversión
T	Temperatura
°C	Temperatura en grados Celsius
m²	Unidad de área en el sistema internacional.
CO_{2eq}/KWh	Unidad de emisión al ambiente
BTU	Unidad de energía en el sistema inglés
kJ/kg	Unidad de energía para entalpía
lb	Unidad de masa en el sistema inglés
lm/W	Unidad de medida de eficiencia luminaria.
PSI	Unidad de medida de presión básica del sistema inglés.

bar	Unidad de medida de presión del sistema internacional.
g/Tex	Unidad de medida de textiles
Hz	Unidad de medida para la frecuencia en hertzios.
W	Unidad de potencia en el sistema internacional.

GLOSARIO

Afelpado	Proceso que consiste en modificar la superficie de una tela rompiendo fibras de hilos de una cara y a veces de dos caras.
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.
ASTM	Asociación Americana de Ensayos de Materiales (American Society for Testing Materials).
Blanqueado	Proceso de acabado, que remueve la tela coloreada con una solución diluida del agente blanqueador se utiliza sobre el algodón y el poliéster principalmente. El blanqueado se da en forma simultánea con el descruce.
Bridas	Elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías permitiendo el desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos de unión.

Cámara termográfica	Tipo de cámara que crea imágenes con luz infrarroja.
Capacidad de descarga	Es la capacidad de descarga de condensado en la trampa de vapor determinado por la relación de masa de vapor entre tiempo.
Costos de mantenimiento	Son los costos asociados por mantener el equipo en óptimas condiciones con el fin de satisfacer necesidades.
Diagrama de pescado	Gráfica que muestra las causas y los efectos posibles a partir de herramientas de diagnóstico.
Diagrama de Gantt	Gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.
Diagramas de Pareto	Gráfica para organizar datos de forma ordenada descendente de izquierda a derecha y separados por barras.
Eficiencia	Es la relación entre la energía útil y la energía invertida.

Emisividad	Proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debido a una diferencia de temperatura con el entorno.
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 puede llevar a la falla de sistema.
Intercambiador de calor	Dispositivo que transfiere calor entre dos medios, que estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto.
Lijado	Proceso de acabado en el que se necesita limar, quitar, remover mota, asperezas y todo tipo de incomodidad física de la tela.
Lycra	Fibra sintética elástica. Se utiliza conjuntamente con otras fibras para fabricar tejidos óptimos.
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.

Mantenimiento predictivo	Mantenimiento que se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicio al servicio.
Mantenimiento preventivo	Mantenimiento ejecutado, de acuerdo con criterios de periodicidad o de condición previsto y en el que se realizan operaciones prescritas con el objeto de reducir la probabilidad de fallo o la degradación de un elemento.
Mercerizado	Proceso que permite incrementar la resistencia a la tensión, el lustre y la afinidad de colorantes aplicados a las fibras.
Nylon	Tipo de fibra sintética para fabricar telas mezclado con fibras naturales.
Poliéster	Tipo de fibra para la manufactura de telas formado sintéticamente por etilenglicol, tereftalato de dimetilo, produciendo el polímero o poltericoletano.
Proceso	Conjunto de acciones integradas y dirigidas hacia un fin.
Revaporizado	Efecto que causa el condensado caliente cuando pasa de un sistema de alta presión a una presión inferior.

Sanforizado	Proceso de realización a la tela de tejido plano para preencogerla y estabilizarla.
Termografía infrarroja	Obtención de distribución superficial de temperatura de cualquier objeto que emita calor o frío.
Torniquete de alta temperatura	Movimiento textil en máquina teñidora a través de baño de colorante para la tela creando circulación a temperaturas de 130 °C.
Trampa de vapor	Válvula que drena automáticamente el condensado de vapor que contiene un sistema de tuberías de vapor.
Venteo	Extraer el de un sistema cerrado.

RESUMEN

Teniendo en cuenta que se tienen que cubrir las tres fases del Ejercicio Profesional Supervisado, se comienza con la fase de servicio técnico-profesional con el análisis de las trampas de vapor por medio de termografía infrarroja, para lo cual, se hará un inventario de trampas dentro de la empresa; seguido de las respectivas fotografías infrarrojas y el adecuado orden en que fueron tomadas, esto quiere decir: área de trabajo, máquina, ubicación y tipo de trampa.

Se determina el tipo de falla y conforme a ello se propone el levantamiento con previo cronograma y planificación de mantenimiento para mejorar la eficiencia, esto por medios mecánicos y termodinámicos, pruebas de vapor y condensado; culminando con un plan piloto para algunas trampas que después de ser analizadas y reparadas o reemplazadas se harán las respectivas tomas termográficas de nuevo, para verificar el funcionamiento dentro del sistema de vapor así como el ahorro en costos por mantener los dispositivos en buen estado.

En la fase de investigación se abordará la propuesta de cambio de las actuales lámparas T-12 del área de Tejeduría a lámparas T-8 con base en una producción más limpia (P+L), para el ahorro energético significativo que la empresa pueda tener sin dejar a un lado la ergonomía de los trabajadores del área mencionada.

En la fase final del proyecto que corresponde a la fase de enseñanza-aprendizaje se presentará ante el Departamento de Mantenimiento con charlas, audiovisuales, prácticas e informaciones sobre los ensayos no destructivos en especial el termográfico para la detección temprana de fallas en los dispositivos termodinámicos. Además, de capacitar al personal que labora en mantenimiento, sobre los beneficios que se pueden obtener por hacer este proyecto a corto o mediano plazo una realidad.

Además de dar a conocer los ahorros por cambio de lámparas T-12, en el área de Tejeduría Rectilínea, a lámparas T-8 como parte de la producción más limpia (P+L).

OBJETIVOS

General

Analizar las trampas de vapor por medio de termografía para reducir así los costos de mantenimiento y proponer el cambio de luminarias T-12 a T-8 en el área de Tejeduría Rectilínea como parte del ahorro energético en la empresa Textiles del Sur Internacional.

Específicos

1. Analizar las trampas de vapor por medio de termografía infrarroja para diagnosticar y tener en forma óptima el ciclo termodinámico en la maquinaria.
2. Realizar una auditoría de trampas de vapor en la empresa con el fin de tener toda la información necesaria para el reemplazo en caso de falla parcial o terminal.
3. Establecer los costos totales antes y después del análisis de las trampas de vapor y conocer el ahorro que la empresa tiene por establecer el mantenimiento predictivo.
4. Proponer el cambio de luminarias T-12 a luminarias T-8 del área de Tejeduría Rectilínea como parte del ahorro energético y la producción más limpia.

5. Establecer costos totales para el cambio de luminarias en el área de Tejeduría Rectilínea para la mejora en la ergonomía de trabajo y ahorro de energía eléctrica.
6. Determinar los beneficios que proporciona el proyecto para la empresa a corto y mediano plazo.
7. Establecer una planeación de capacitación en el cual se tenga el fin de actualizar al personal de mantenimiento y administrativo.

INTRODUCCIÓN

El mercado textil abarca actualmente un importante pilar en la economía guatemalteca. Por ello, Textiles del Sur Internacional una empresa manufacturera de telas de importación y exportación de gran magnitud y calidad, que aportan a este mercado ingresos para muchas familias y constante crecimiento en este campo. Teniendo la necesidad de producir con lineamientos internacionales establecidos por una de las marcas conocidas mundialmente como Adidas, por ello; la empresa contempla y demanda en los procesos de manufactura; maquinaria y recursos de producción en óptimas condiciones de utilidad.

El presente trabajo de investigación contempla en el primer capítulo, generalidades de la empresa; esencialmente, los procesos de manufactura de telas poliéster, algodón, *nylon* y *lycra*. Estos utilizan diversos recursos productivos para la elaboración, pero en la que el vapor, influye grandemente tanto en calidad como en costos asociados. Esto el Departamento de Mantenimiento lo lleva de la mano con el Departamento de Producción para lograr metas y demandas diarias de producto.

Por ello, el capítulo dos es dedicado ampliamente al mantenimiento predictivo en dispositivos termodinámicos, como lo son las trampas de vapor instaladas en la maquinaria descrita en el primer capítulo y las tuberías de alimentación de vapor; teniendo para ello el uso del ensayo no destructivo de la termografía infrarroja.

El aporte para la empresa se deriva a partir de la minimización de costos de mantenimiento por la aplicación de este ensayo y un ahorro significativo por reparar los intercambiadores de calor que se diagnostican por medio de un consumo de vapor en maquinaria. Además, de dejar un amplio reporte de termografía y auditoría interna de trampas de vapor, condiciones actuales y después del mantenimiento predictivo por medio de las respectivas tomas termográficas en las trampas de vapor.

Por otra parte, en el tercer capítulo se desglosa la necesidad de presentar una propuesta de ahorro en cuanto al consumo energético en el área de Tejeduría Rectilínea que presenta la producción de 24 horas al día y mantiene encendidas las lámparas todo el tiempo, todo ello; con la finalidad de mantener una producción más limpia (P+L). Se propone el cambio de lámparas actuales T-12 a lámparas T-8 en esta área, para mejorar la luminosidad de trabajo y ergonomía del mismo. Asimismo, tener un ahorro energético significativo para la empresa.

En el cuarto capítulo se concede el espacio para conocer las capacitaciones aplicadas en la enseñanza-aprendizaje para la cámara termográfica y todas las herramientas que ella brinda para conocer las temperaturas, emisividades de los cuerpos, diagnósticos de fallas en trampas de vapor, entre otras maravillosas aplicaciones en que infiere este ensayo. Además, de concientizar a las personas para tener una cultura de mantenimiento preventivo y predictivo que permita tener el equipo en óptimas condiciones para la producción será de gran utilidad. Asimismo, la seguridad para trabajar con el recurso del vapor; la viabilidad y factibilidad por cambiar las actuales luminarias del área de Tejeduría Rectilínea representando un ahorro energético importante para la empresa y siendo al mismo tiempo amigable con el ambiente.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL

Textiles del Sur Internacional (Textisur) como marca conocida en el mercado de la industria textil, provee a los clientes tanto nacionales como internacionales, distintas clases de telas de fina y alta calidad en acabados. Tal es el caso de marcas conocidas a nivel mundial como Adidas que tercerizan en la institución para manufacturar los productos con telas deportivas de gran durabilidad y calidad.

Es una empresa guatemalteca fundada en 1981 con más de 25 años de proveer a los clientes de materia prima. Además de ser líder en el producto de telas deportivas, las cuales; son la mayor fuente de ingresos y ganancias que actualmente tiene la empresa como tal.

La institución manufactura telas del tipo gabardina, *lycra*, *nylon* y poliéster. Asimismo, posee maquinaria tecnificada y sofisticada que mantiene estrictas normas de funcionamiento en cuanto a recursos de vapor, , agua, energía, químicos, entre otros; con el fin que el producto llene las satisfacciones de los clientes que hacen el pedido bajo las normativas que ellos imponen.

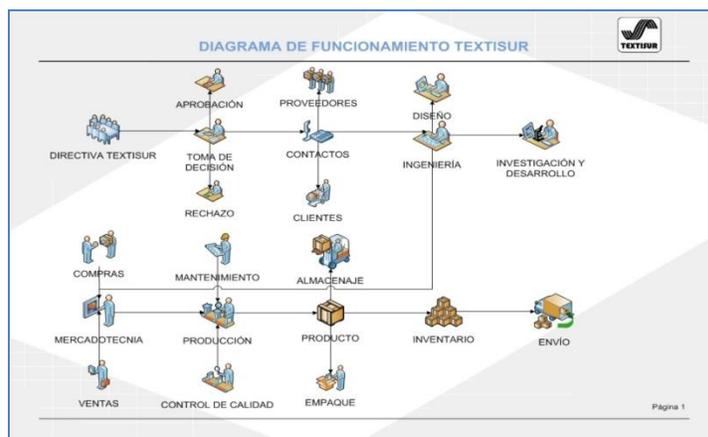
1.1. Descripción de la empresa

Fundada por Guillermo Zimeri Massis y Juan Jose Jop Gazel. Inició sus operaciones el 20 de febrero de 1981, como parte del grupo de empresas textiles instauradas por Héctor Guillermo Zimeri Catan, con el objetivo de proveer materia prima a una de las empresas del grupo.

Produciendo hilatura de algodón, este dinámico grupo de empresas textiles cuenta hoy con alrededor de 1000 trabajadores de los cuales cerca de 600 personas emplea Textisur. Cuenta con los departamentos de: Tintorería Cerrada, Tintorería Continua, Tejeduría Plana, Jacquares, Tejeduría Circular, Acabados, Estampado y Grabado, Urdido de Algodón, Urdido Sintético, Tejeduría Rectilínea, Texturizado, Laboratorio de Pruebas Físicas, Laboratorio de Tintorería, Engomado, Calderas Térmicas, Calderas de Vapor, Bodega de Producto Terminado, Bodega de Repuestos, Bodega de Materia Prima, Muestras y; talleres de: Mecánica, Electricidad, Plomería, Acondicionado, Compresores y Electrónica Industrial.

Es una empresa grande de sociedad mercantil que se posiciona como líder en la industria textil a nivel local e internacional, cuenta con más de 600 personas repartidas a nivel operativo y administrativo. En la siguiente figura se muestra el funcionamiento operativo y administrativo en forma general de la empresa.

Figura 1. **Diagrama de funcionamiento de Textisur**



Fuente: Departamento de Recursos Humanos. Textisur.

1.1.1. Antecedentes

Como se dijo en el apartado anterior la empresa Textiles del Sur Internacional incurre en la industria textilera desde un poco más de 25 años en la producción de telas tanto deportivas como gabardinas y lycras, entre otros productos de importación y exportación.

El mantenimiento aplicado para la maquinaria es correctivo, cuando algo falla entonces se le da prioridad; no existe una planificación del mantenimiento, ya que la producción es tan exigida que los equipos trabajan en plena capacidad en jornada normal como nocturna. Esto ha llevado con el tiempo a que el equipo se deteriore y se desgaste en una forma avanzada; ya que la cultura puesta en esta institución es aquella en donde el mantenimiento es un gasto y no una inversión.

Se han hecho numerosas observaciones e informes sobre mantener un adecuado *stock* de repuestos, un mantenimiento preventivo con ayuda de herramientas sofisticadas para la detección de fallas; gracias a ello se logró comprar e implementar la termografía en los equipos, logrando con ello la solución a muchos problemas cotidianos de mantenimiento. El proyecto servirá para crear una cultura de planificación y concientización del aprovechamiento de un recurso de varios que se utilizan para los procesos como lo es el vapor y tener un estimado del dinero que se ahorra por implementar la termografía en las trampas de vapor.

Por otra parte, en el área de Tejeduría Rectilínea se trabaja las 24 horas al día y 8 días a la semana; en la cual se tienen instaladas lámparas tipo T-12 que trabajan todo el tiempo y consumen 173 W por luminaria instalada creando demasiado calor y consumo energético.

1.1.2. Visión y misión de la institución

- Visión

“Ser la organización guatemalteca manufacturera de productos textiles de mayor reconocimiento en el mercado mundial.”¹

- Misión

“Somos una organización líder a nivel regional en la industria textil. Nuestra prioridad es el cliente, por lo que contamos con tecnología adecuada para satisfacer sus requerimientos en cuanto a calidad, precio y tiempo de entrega. Nuestro compromiso innovador, es proporcionado por colaboradores altamente calificados, orientados y motivados a desarrollar sus capacidades en un ambiente sano y agradable; contribuimos al desarrollo de nuestro país siendo socialmente responsables.

Dignificamos nuestra industria con valores que conlleva a una mejora continua, brindando a nuestros accionistas un beneficio económico.”²

1.1.3. Valores

- Sentido de Pertenencia: “Que el empleado llegue a sentirse parte de la empresa que ellos son accionistas.”³

¹Textiles del Sur Internacional. Departamento de Recursos Humanos. *Manual de Inducción. Versión 1.* p. 3

²Ibíd.

³Ibíd.

- Liderazgo: “Que cada uno de nuestros colaboradores tenga sus propias iniciativas y que participe activamente en el crecimiento de la empresa.”⁴
- Desarrollo: “Deseamos que todos nuestros colaboradores mejoren sus conocimientos, habilidades actitudes y mejorar su calidad de vida.”⁵
- Apertura al Cambio: “Estamos abiertos a cualquier sugerencia interna o externa, con el propósito de tener una mejora continua.”⁶
- Ética: “Tenemos el compromiso de cumplir con rigor las leyes, reglamentos y normas, respetando los derechos humanos y medio ambiente en todos nuestros procesos.”⁷

1.1.4. Servicios que presta la institución

Como empresa mercantil y manufacturera, Textisur, apoya, contribuye y asiste a los empleados y colaboradores en cuanto a prestaciones de ley, pago de horas extras con base al código de trabajo, equipo de protección personal (EPP); además de proveerles de vales para compra de zapatos, óptica, víveres, dentista, exámenes generales de salud, cafetería y casilleros.

Es importante señalar que existen préstamos sobre sueldos adelantados para el personal tanto operativo como administrativo, hasta 6 y 8 sueldos como máximo; dependiendo de la labor que el trabajador ejecute en la institución.

⁴Textiles del Sur Internacional. Departamento de Recursos Humanos. *Manual de Inducción. Versión 1.* p.4

⁵Ibíd.

⁶Ibíd.

⁷Ibíd.

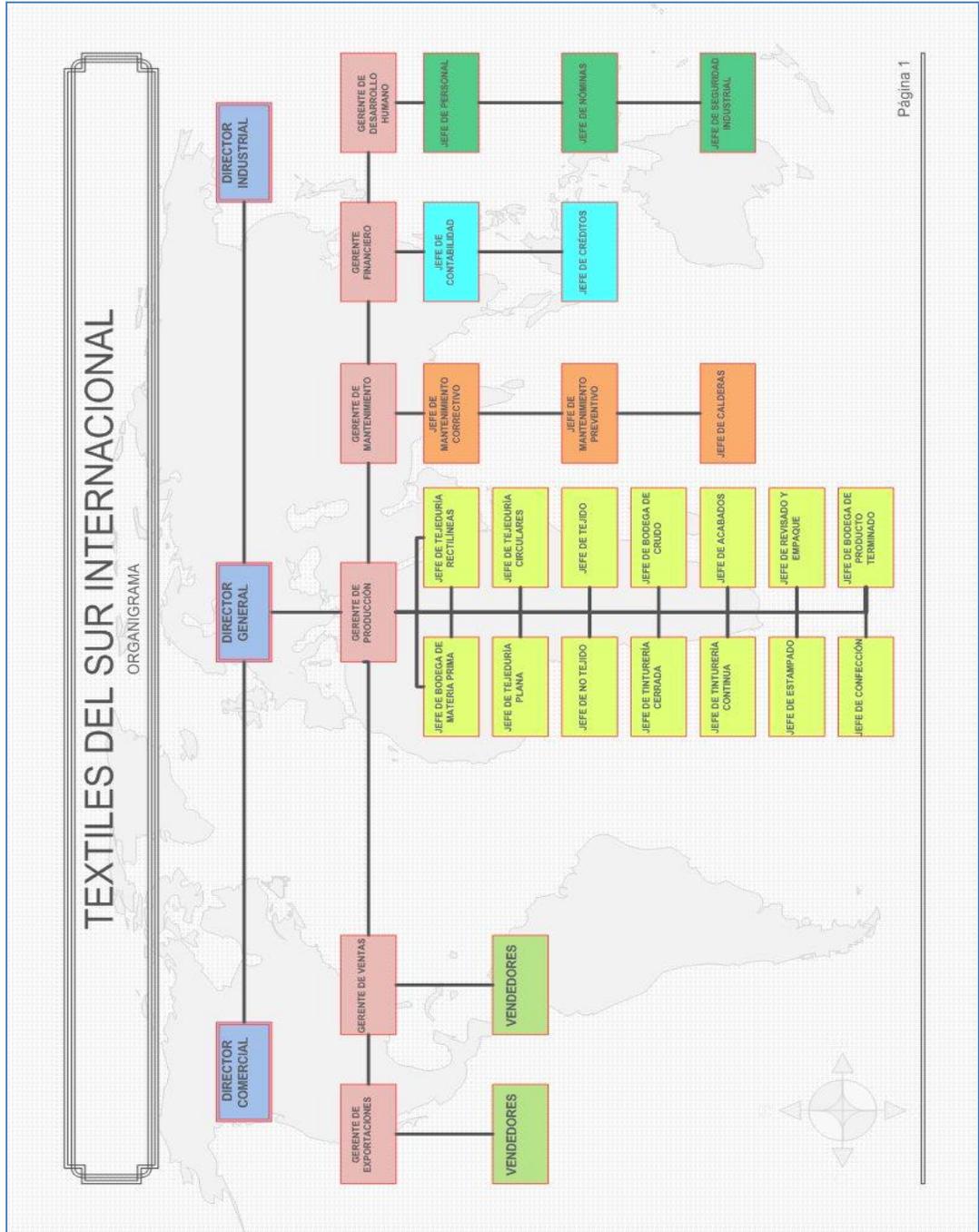
1.1.5. Estructura organizacional

El comportamiento organizacional de la institución es de tipo vertical en donde los altos mandos dirigen la distinta toma de decisiones a los gerentes de segunda línea y estos a la vez a los de primera línea y base operativa.

La comunicación entre estos niveles organizativos permite que el funcionamiento de la empresa como tal, sea de una manera eficaz más no eficiente; debido a que hay ocasiones en que no cumplen con la demanda y sobrepasan la capacidad instalada de producción. En la figura que se presenta a continuación se identifican los niveles de organización que presenta la institución.

El tipo de organigrama que se tiene es funcional vertical en el cual se requiere identificar la jerarquía que poseen los distintos departamentos en la empresa.

Figura 2. Organigrama de Textisur



Fuente: Departamento de Recursos Humanos. Textisur.

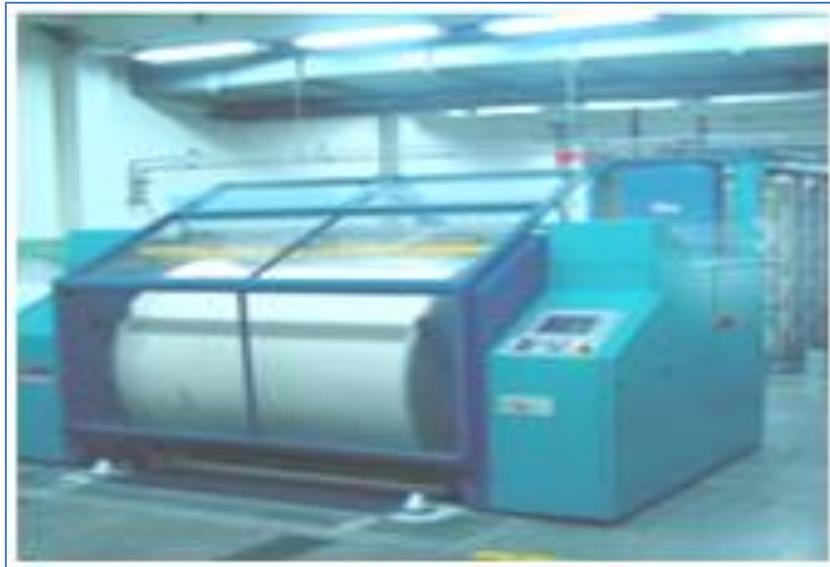
1.2. Descripción del proceso de producción por medio de vapor

Ya que existe variedad de procesos de manufactura de tela, en la producción de esta, por medio del vapor; se enfoca en tela tipo poliéster y algodón, el *nylon* y la *lycra* llevan un proceso de urdido y tejido distinto al de las otras dos, por ello se especifica su proceso en el urdido sintético y tejeduría recta.

Existen cinco procesos muy importantes para elaborar una tela del tipo poliéster y algodón que es el urdido de algodón, engomado, tejido plano, teñido y acabado. Dependiendo del gusto del cliente se utilizan distintos tipos de acabados como lo es el sanforizado, mercerizado, afelpado, secado y lijado. Además, el teñido puede ser en forma cerrada o continua, este último proceso de teñido contempla los procesos de blanqueado y lavado.

Todo el proceso de tela tipo poliéster y algodón comienza con el urdido de algodón, para ello se utiliza hilo del tipo poliéster o hilo de algodón, se utilizan tres urdidoras de marcas Karl Mayer, Benninger y Schlafhorst todas ellas de origen alemán las figuras de estas máquinas se detallan a continuación.

Figura 3. **Urdidora de algodón Karl Mayer**



Fuente: Fabricato of Clothing. <http://www.fabricato.com>.
Consulta: enero de 2013.

Figura 4. **Urdidora de algodón Benninger**



Fuente: Industrias Cannon de Colombia S.A. <http://www.cannoncol.com>.
Consulta: enero 2013.

Figura 5. **Urdidora de algodón Schlafhorst**



Fuente: Geocities. <http://www.oocities.org>.

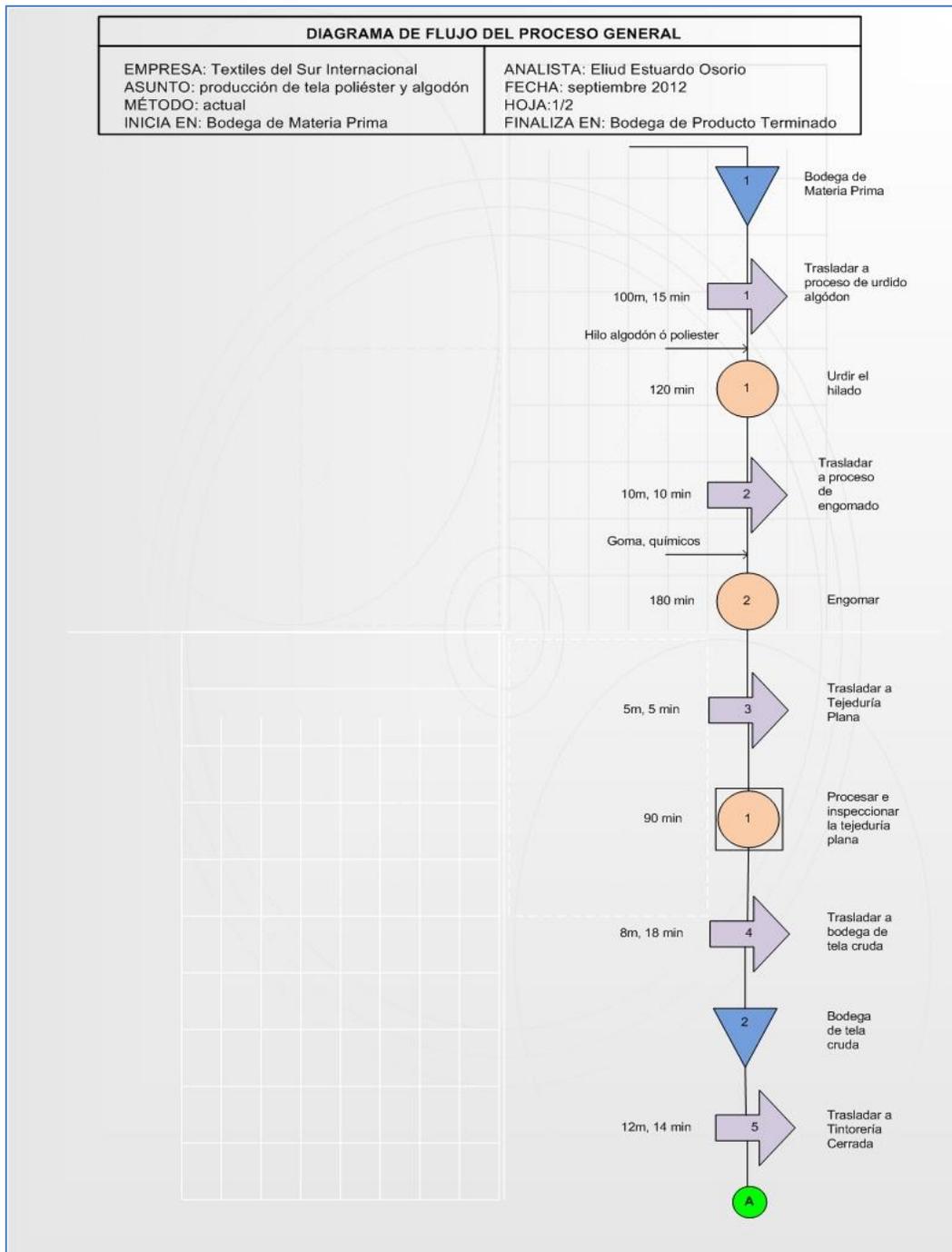
Consulta: enero 2013.

El proceso general para las telas de poliéster y algodón comienza en la Bodega de Materia Prima, trasladar a urdido de algodón (100 m, 15 min), urdir el hilado (120 min), trasladar al área de Engomado (10 m, 10 min), engomar la bobina de urdido (180 min), trasladar a Tejeduría Plana (5 m, 5 min), procesar e inspeccionarla Tejeduría Plana (90 min), trasladar a Bodega de Tela cruda (8 m, 18 min), trasladarla tela a Tintorería Cerrada para su teñido (12 m, 14 min), esperar análisis de Laboratorio de Tintorería para Teñir (30 min), una vez aprobada la fórmula de teñido procesar e inspeccionar para colorear (130 min), esperar el análisis de Laboratorio de Pruebas físicas para cumplir con los requerimientos (35 min), trasladar después de la aprobación a Tintorería Continua (9m, 10 min), dependiendo del pedido del cliente sigue el proceso de lavar (50 min), blanquear (50 min) y mercerizar (50 min); proceder a secar la tela (60 min), trasladar al área de Acabados (6m, 10 min), para lijar (25 min), luego afelpar (35 min) y sanforizar (40 min).

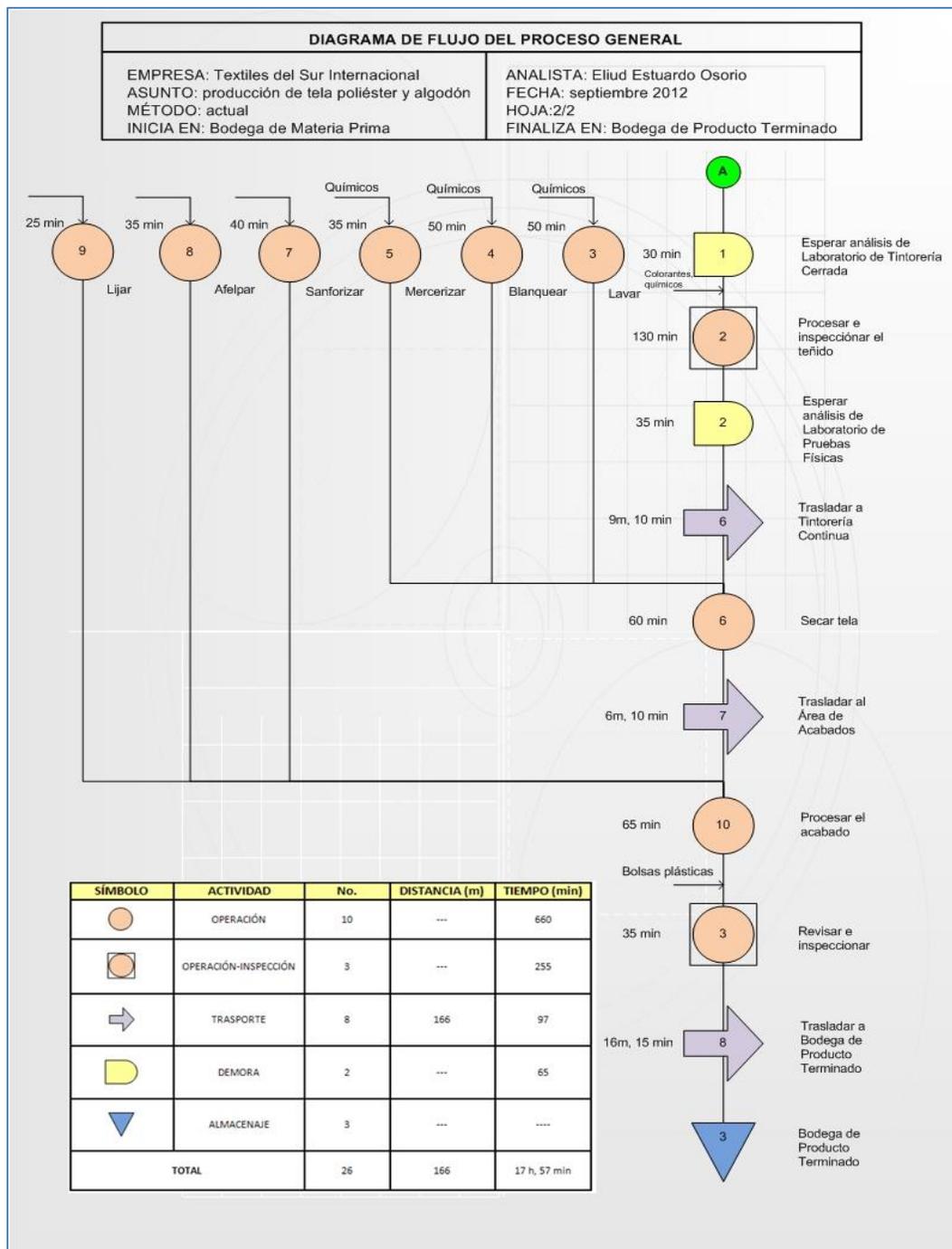
Según el pedido, se da el proceso de acabado (65 min), se procede a inspeccionar y procesar en el área de Revisado (35 min), trasladar a Bodega de Producto Terminado (16 m, 15 min) y por último almacenar en la bodega respectiva.

Para tener un detalle del proceso se muestra en la siguiente figura el diagrama de flujo de proceso que sufre la tela poliéster y algodón.

Figura 6. Diagrama de flujo del proceso tela poliéster y algodón



Continuación de la figura 6.



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.2.1. Proceso de engomado

Este proceso tiene como objetivo agregar propiedades físicas y químicas al hilo. Después de completar el proceso de urdido de algodón; se trasladan las bobinas de urdido a las máquinas engomadoras, consiste en aplicar un baño de goma a los hilos de urdimbre para proporcionar resistencia para el siguiente proceso de tejeduría plana. El engomado da a la urdimbre las propiedades relacionadas a la presión o esfuerzo al que se someten los hilos para los telares entre las cuales se mencionan: la resistencia a la tensión, resistencia a la abrasión, elongación y flexión.

Textisur posee dos máquinas engomadoras en donde el engomado es de tipo indirecto es decir: se necesita unir los hilos de varios cilindros para completar el número de hilos necesarios en la tela; en las figuras que se muestran a continuación se encuentran las engomadoras de marca Benninger y Sucker Müller de origen alemán utilizadas para el proceso de engomado con requerimientos de agua, goma, vapor, electricidad y comprimido para la operación.

Figura 7. Engomadora Benninger



Fuente: Wotol Inc. <http://www.wotol.com>.

Consulta: enero de 2013.

Figura 8. **Engomadora Sucker Müller**



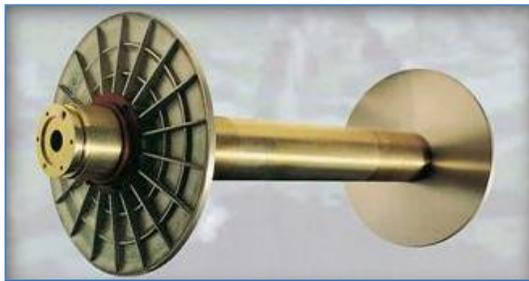
Fuente: Natcal. *Productos Químicos y Máquinas Textiles LTD.* <http://www.natcal.pt>.
Consulta: enero de 2013.

1.2.1.1. Carga de bobinas

Con el fin de proporcionar uniformidad en los hilos se prepara la carga de bobinas o plegadores que cumplen la función de transporte de las urdidoras al área de Engomado, las dimensiones y tamaños de los plegadores varían según el tipo de engomadora que se utilice; para las engomadoras Benninger y Sucker Müller se utilizan los mismos plegadores. Es importante resaltar la fabricación de estas bobinas o plegadores que contemplan una mecanización completa, con elementos como el acero forjado a la alta resistencia, tubería galvanizada y aluminio aleado entre otros materiales resistentes al óxido principalmente.

Las bobinas son elementos sencillos en forma cilíndrica que están montados en soportes, les permiten girar libremente por la tracción de los hilos, se necesita un freno ajustado para asegurar que las tensiones son constantes sobre los hilos; la cantidad de cilindros en las filetas deben ser casi siempre el máximo. Por lo general, el proceso de cargar bobinas es de dos horas utilizando filetas dobles. En cada fileta se utilizan 8 plegadores que hacen un total de 16 plegadores por proceso de engomado, en la figura se muestra un plegador o bobina utilizada como parte del mismo proceso.

Figura 9. **Bobina o plegador para engomado**



Fuente: Credit Ocean Industry Co. Limited. <http://www.creditoocean.com>.

Consulta: enero de 2013.

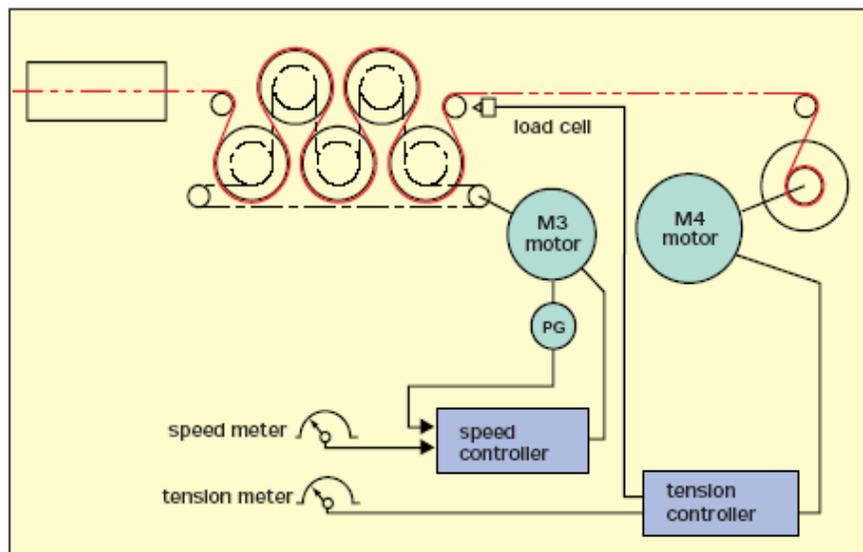
1.2.1.2. Preparación de las engomadoras

Después de la carga de bobinas se procede a elevar la temperatura de la engomadora por medio de la inyección de vapor, esta inyección es de forma directa graduada por electroválvulas que condicionan la presión y temperatura requeridas, en este caso para el hilo de algodón o poliéster la temperatura requerida es de 130 °C; esta temperatura es elevada por medio de un gradiente de 3 °C/min y 5 °C/min según las condiciones en que se encuentre la bobina de hilo.

Se presentan 8 cilindros secadores en la engomadora Sucker y 12 cilindros secadores en la engomadora Benninger en posición horizontal y vertical que cumplen la función por medio de vapor directo de secar los hilos engomados, estos requieren una preparación previa de presión y temperatura alrededor de los 20 bar y 60 °C. Los parámetros a considerar en la preparación del engomado son la temperatura, la concentración de goma, el nivel de goma, el consumo y presión de vapor y la densidad del hilo.

A continuación se presenta la figura que refleja los cilindros de secado de la engomadora condicionados por la velocidad y la tensión del hilo.

Figura 10. **Cilindros de secado para engomadora**



Fuente: Yumpu Publishing Digital Magazines Worldwide.

<http://www.yumpu.com/es/document/view/1350546/7engomadora.pdf>.

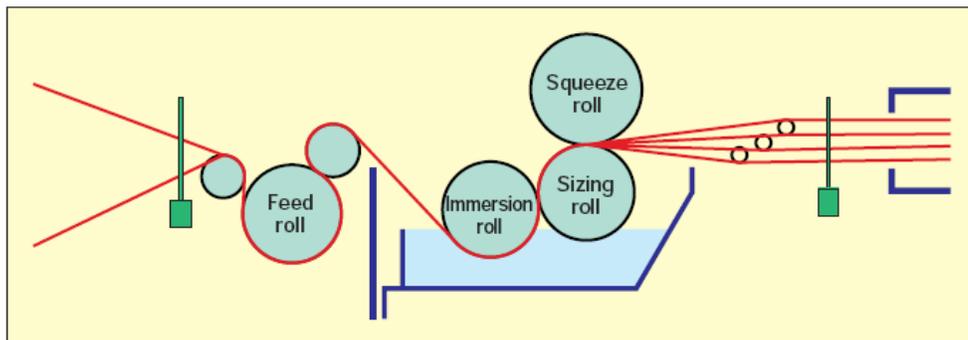
Consulta: enero de 2013.

1.2.1.3. Preparación de la goma

Llamado también encolante, se basa en el fundamento del paso de cierta cantidad de hilos de urdimbre por una batea, en el cual se encuentra cierto volumen de goma que es arrastrada por el paso del hilado; al fin de eliminar el exceso de la goma por medio de los cilindros exprimidores. Posteriormente pasa por los tambores secadores que finalmente abren los hilos por medio de varillas de separación y los enrollan en la bobina de salida.

El baño de goma se da por medio de una tina en la que la hilatura pasa por los cilindros engomadores que cumplen con la función de llenar en la totalidad las fibras con el engomante. La figura de esta tina se muestra a continuación.

Figura 11. Tina de engomado



Fuente: Yumpu Publishing Digital Magazines Worldwide.

<http://www.yumpu.com/es/document/view/1350546/7engomadora.pdf>.

Consulta: enero de 2013.

Los factores a tomarse en cuenta para la preparación de la goma son directamente ligados al tipo de hilatura que se tenga. Por ello, se debe chequear:

- Elección de la receta apropiada
- Respetar las condiciones para la preparación de la cola
- Pureza y dureza del agua
- Otros factores:
 - Temperatura
 - Viscosidad de la goma
 - Presión de los cilindros exprimidores
 - Tensión y elongación de la urdimbre

Entre los materiales básicos o ligantes formadores de película para el encolado textil se encuentran los almidones, dextrinas, colas, harinas, gomas, gelatinas, polímeros y colopimeros sintéticos. Algunos materiales básicos son usados ya sea como bases con aditivos para impartir propiedades deseables a otras bases. A continuación se muestra una tabla de los productos de engomado con base en el encolante y el aditivo.

Tabla I. **Productos para el engomado**

TIPO ENCOLANTE	CLASE ENCOLANTE	TIPO DE ADITIVO
<ul style="list-style-type: none"> • NATURAL 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colas de fécula o almidón o fécula modificadas ✓ Colas de celulosa ✓ Colas de albúmina 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Humectantes ✓ Antiespumantes ✓ Antifermento ✓ Higroscópicos ✓ Suavizantes
<ul style="list-style-type: none"> • SINTÉTICAS 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ PVA ✓ Ácido poli acrílico ✓ Copó limeros acrílicos ✓ Resinas de poliéster ✓ Mezclas registradas 	

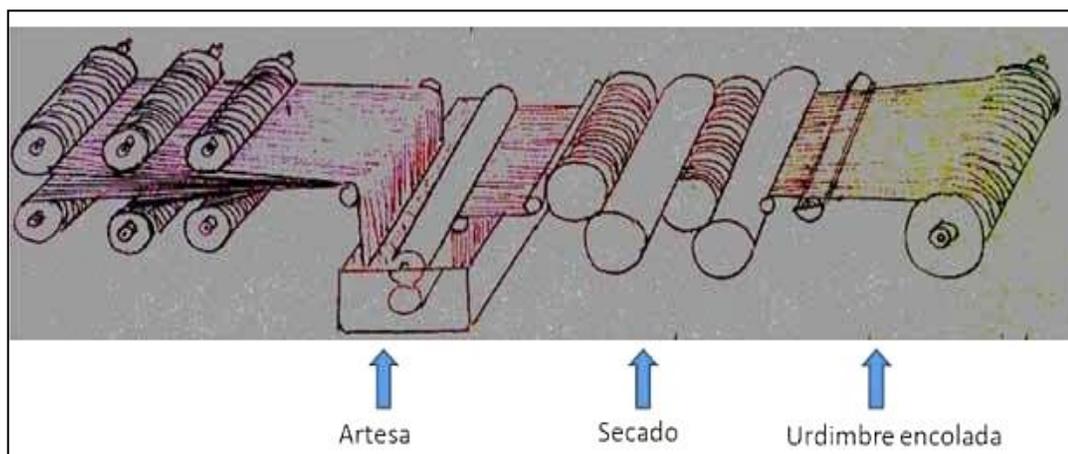
Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.2.1.4. Engomado

Cuando finaliza la operación de preparación de goma se establece el metraje del hilo encolado; con el fin de tener una bobina que pueda ser parte del siguiente proceso que es el tejido plano del que no se hace referencia debido a que no utiliza el recurso de vapor, en el cual se necesita alta resistencia para evitar la separación de las fibras.

El engomado se resume en tres partes importantes que son el baño de goma en una artesa o tina, el secado del hilo por medio de cilindros secadores y exprimidores, llevando al paso final que es la urdimbre encolada. La figura de estos pasos se muestra a continuación.

Figura 12. **Pasos del engomado**



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.2.2. **Proceso de Teñido**

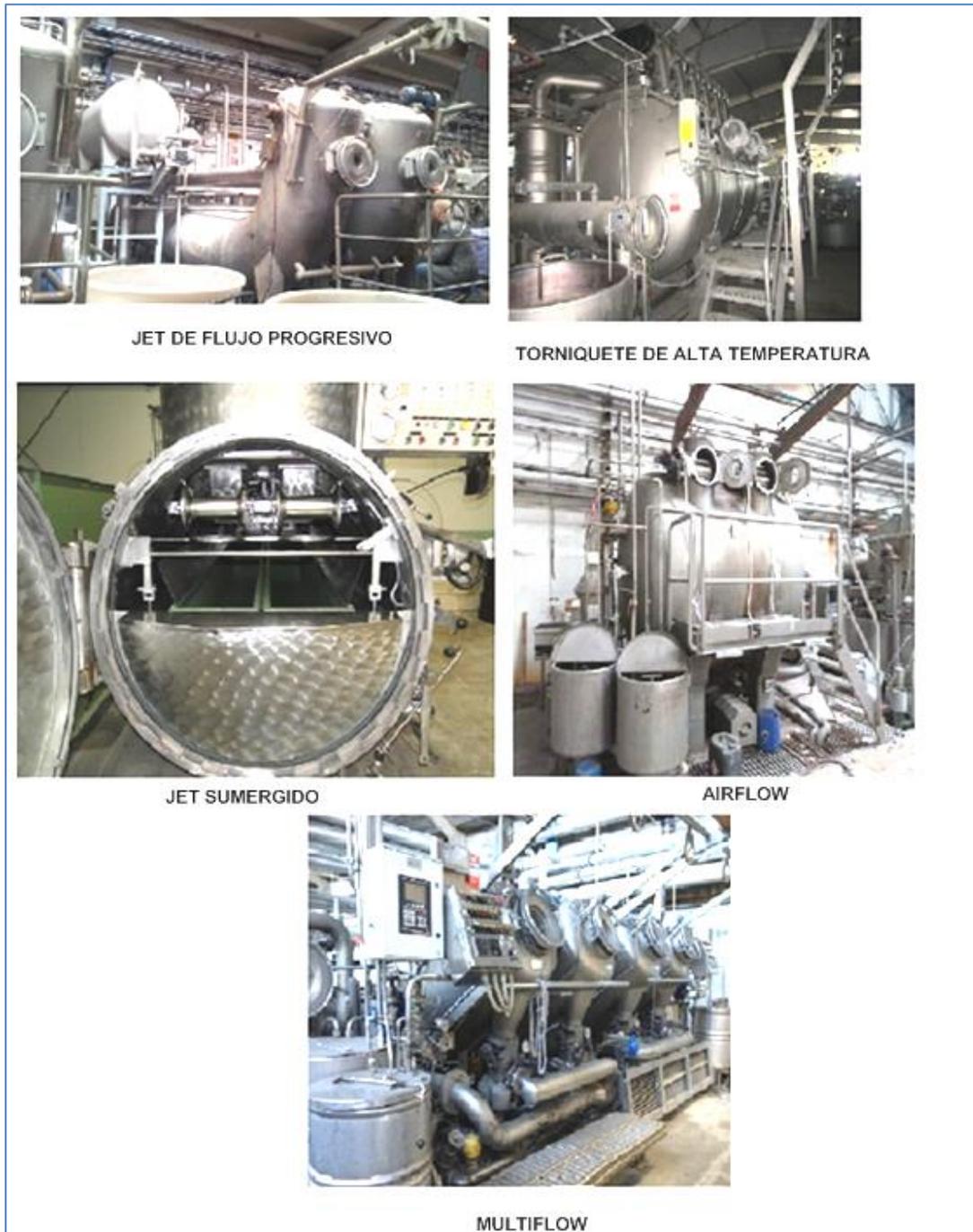
Previo a efectuar un proceso de tintura o teñido, la tela de poliéster y algodón sufren el proceso de tejido plano en donde se teje la bobina engomada para formar la llamada tela cruda que se almacena en la respectiva bodega de tela cruda, desde este punto se escoge la tela que se debe teñir según el gusto del cliente.

En el Departamento de Tintorería Cerrada, llamada así, porque se tiñe por el método de tintura a alta temperatura (HT) se pone de manifiesto el análisis de las máquinas de tintura por la influencia que estas causan sobre el proceso tintóreo; actualmente el método antes mencionado es el más difundido, a raíz del desarrollo y difusión de las máquinas *overflow* y *jet* o autoclaves, de alta temperatura.

Este método es más eficiente y menos contaminante que el método de tintura con *carrier* a presión atmosférica que actúa hinchando la fibra de poliéster o la de algodón, de forma que a 100 °C, el colorante disperso puede difundirse dentro de la fibra. En términos generales el Departamento de Tintorería Cerrada tiñe las fibras por afinidad entre colorante y fibra, también llamada tintura por agotamiento; en donde la maquinaria utilizada se diferencia por la acción mecánica que actúa sobre la materia textil a teñir, sobre el baño tintóreo o sobre ambas cosas a la vez.

Entre los tipos de maquinaria para tintura se encuentra la tintura en torniquete para operar altas temperaturas encerradas en autoclave que permite operar entre 130 - 140 °C, además de la maquinaria de tipo *jet* sumergido, *jet* de flujo progresivo, *airflow* y *multiflow*; las figuras de estas maquinarias se muestra a continuación.

Figura 13. Tipos de maquinaria para tintorería cerrada



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

La gama de maquinaria para tintura es variada, todas cumplen la función de unir colorante y textil de forma uniforme y consistente. Se presenta una tabla que contiene información sobre la maquinaria utilizada en Textisur, para el proceso de tintura cerrada, según la marca, tipo y función para la acción de teñido.

Tabla II. **Máquinas tintorería cerrada Textisur**

TINTORERÍA CERRADA			
MARCA	CANTIDAD	TIPO	FUNCIÓN
THIES	6	MULTIFLOW	Alcanza tiempos de tintura reducidos del 40 - 60 % con respecto a las otras máquinas.
GASTON COUNTY	1	JET DE FLUJO PROGRESIVO	Se utiliza para tejidos delicados como la tela <i>lycra</i> .
MCS	1	TORNIQUETE DE ALTA TEMPERATURA	Permite la teñidura a temperaturas de hasta 140 °C.
THIES LABORATORIO	1	JET DE FLUJO PROGRESIVO	Se utiliza para tomar muestras de igualación, reducción y matiz.
FONG'S	2	JET DE FLUJO PROGRESIVO	Permite teñir tela tipo <i>nylon</i> y toalla.
S'CLAVOS	1	AIRFLOW	Similar a la tintura jet pero mezcla y agua para tratar tejidos delicados.
HER TORNG	1	JET DE FLUJO PROGRESIVO	Alcanza temperaturas de 120 °C y tiñe tela tipo toalla.
FONG'S LYCRA	1	JET SUMERGIDO	Exclusivo para teñir tela <i>lycra</i> a temperaturas de 130 °C.
FONG'S HILO	1	JET SUMERGIDO	Teñidora de hilo de algodón alcanzando temperaturas de 130 °C.

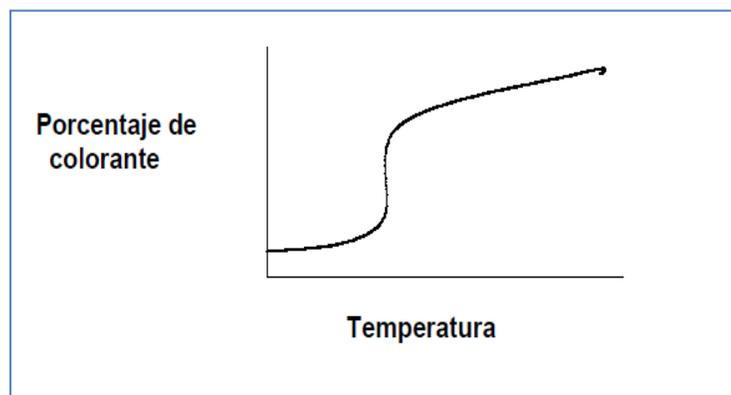
Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.2.2.1. Prueba de teñidura

Para las pruebas de tinturas, la empresa cuenta con dos laboratorios que califican la función de calidad como lo son, el Laboratorio de Tintorería cerrada y el Laboratorio de Pruebas físicas. El primero se encarga específicamente de las condiciones técnicas de la tintura por agotamiento como lo son la dispersión, los agentes dispersantes, la estabilidad dispersante; de donde deriva la cristalización, agregación y aglomeración, la energía térmica, la igualación y migración.

En todas ellas se utiliza colorantes con distintos tipos de temperatura que simulan el colorante disperso en cualquier tipo de tela, la curva de subida de un colorante de dispersión tiene forma de S. La zona de temperatura en la que un colorante sube de manera preferente varía según el colorante, si se quiere obtener una tintura igualada conviene controlar con exactitud la velocidad de subida del colorante dentro de esta zona. La gráfica siguiente muestra cómo se comporta el porcentaje de colorante respecto la temperatura.

Figura 14. Curva de subida de colorante disperso



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

El segundo se encarga de las pruebas físicas, entre ellas las llamadas método de prueba *pilling* que es un efecto causado por el uso y desgaste que deteriora considerablemente el aspecto original del tejido, el objetivo es determinar cuánto *pilling* tiene la tela, para posteriormente evaluarla dentro de la escala y determinar la calidad de esta. La escala de evaluación *pilling* según la Norma *ASTM 1375 D*; se muestra en la siguiente tabla.

Tabla III. **Evaluación *Pilling***

VALOR <i>PILLING</i>	RESULTADO
5	No se produce <i>pilling</i> (Excelente resistencia)
4	Aparece vellosidad (Buena resistencia)
3	Formación de <i>pilling</i>
2	Bastante <i>pilling</i>
1	<i>Pilling</i> en abundancia

Fuente: Hollen, Norma. *Manual de los textiles*. p. 352.

También se hacen las pruebas de encogimiento, de resistencia a la tensión, la solidez de frote, la prueba de rasgado y la prueba de permeabilidad del aire, esta última es muy aplicable en las telas deportivas, de tipo *nylon* y *lycra*; debido a que la humedad está estrictamente ligada a la absorción de sustancias líquidas con el fin de mejorar la comodidad en este tipo de telas.

1.2.2.2. Carga y calentamiento de agua a la maquinaria

La carga de tela para el teñido está delimitada por el tipo de maquinaria y la relación de baño que se utilice para el proceso, así, de esta forma se obtiene el volumen en litros de agua que se requieren por medio del producto del peso en kilogramos de tela y la relación de baño. En la siguiente tabla se estandariza el volumen de agua generado con la relación de baño para el teñido.

Tabla IV. **Volumen de agua y relación de baño**

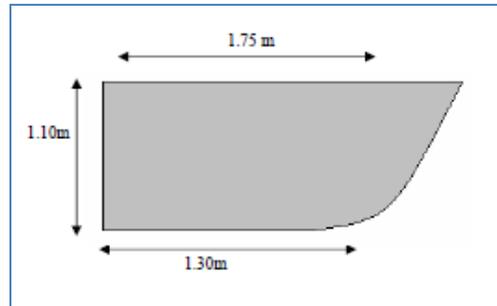
RELACIÓN DE BAÑO	1:20	1:10	1:8	1:6
VOLUMEN AGUA (lt)	24,000	12,000	9,600	7,200

Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

El volumen de agua tiene relación directa con el acabado que se produce en la tintura de la tela y la acción que el torniquete de la máquina ejerce sobre el tejido, por ello; cuando los tejidos son pesados se adopta una devanadera o cubeta muy ancha que es el compartimiento de toda maquinaria en donde se guarda toda la tela y sirve para controlar la distribución del tejido, y cuando los tejidos son delgados se adopta una cubeta menos ancha.

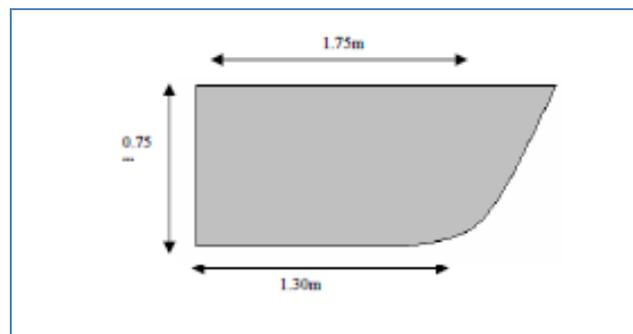
La cubeta para la carga de agua adopta tres formas geométricas distintas como lo son la circular, poligonal y elíptica; cada una de éstas es preferida por determinados sectores de tintura, en las figuras que se muestran se describen las dimensiones apropiadas para las cubetas de tejidos pesados y delgados.

Figura 15. **Perfil de la cubeta tejido pesado**



Fuente: Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/631/2/capitulo2.pdf>.
Consulta: enero de 2013.

Figura 16. **Perfil de la cubeta tejido delgado**



Fuente: Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/631/2/capitulo2.pdf>.
Consulta: enero de 2013.

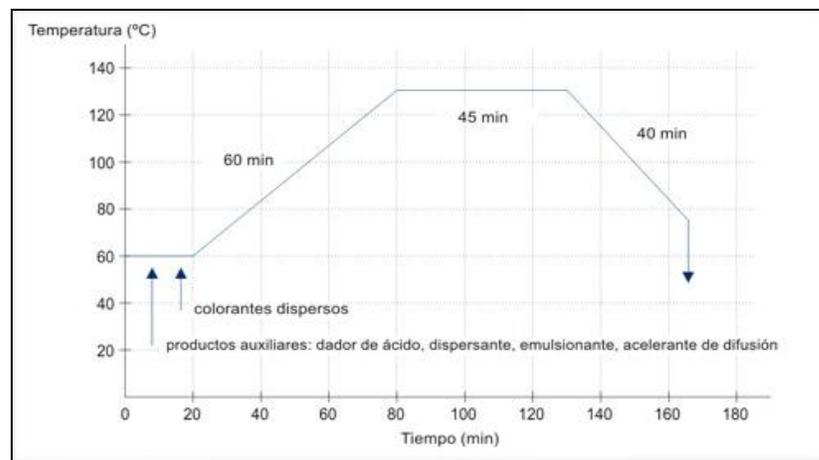
El calentamiento del volumen de agua alojado en la cubeta se controla por medio de la programación de un PLC (controlador lógico programable) en la máquina teñidora, puede llegar a valores entre los 40 - 80 °C según el tipo de tela y proceso que se aplique a está.

1.2.2.3. Gradiente de temperatura

Como se había citado anteriormente el método de tintura utilizado es el de tintura a alta temperatura, para lo cual, el gradiente en que se eleva la temperatura viene dado por la relación de grados de temperatura y el tiempo (grados temperatura/tiempo). Para ello existen curvas de temperatura-tiempo, en el que se describe el proceso que se debe dar a la tela según el tipo y colorante a dispersar.

La maquinaria es programada para dar saltos de gradiente según el proceso es importante decir que la pendiente de la temperatura y el tiempo es el gradiente; en donde el comportamiento de este es inversamente proporcional a la temperatura; las gráficas de estas curvas se muestran en las siguientes figuras. Tanto para la tela de poliéster como algodón en tonos de color intensos, medios y claros.

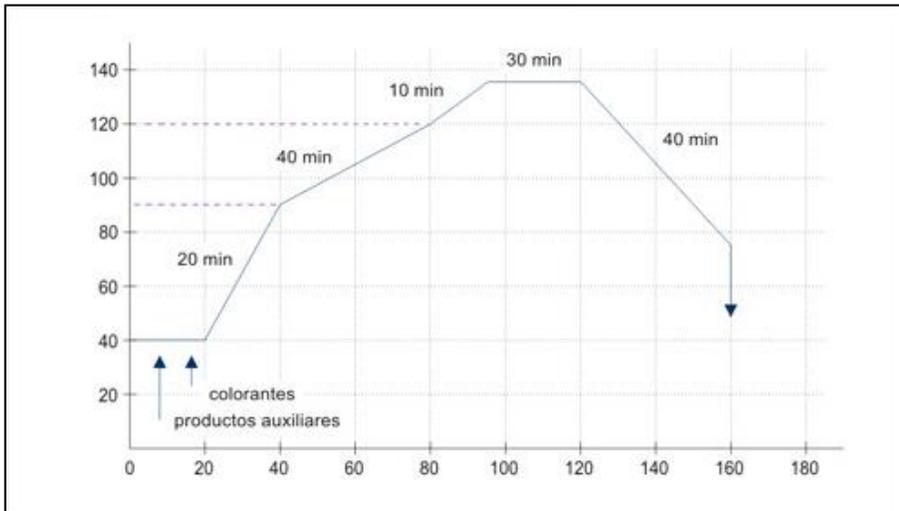
Figura 17. **Curvas temperatura-tiempo tonos intensos**



Fuente: Red Textil Argentina. <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/home/258.html>.

Consulta: enero de 2013.

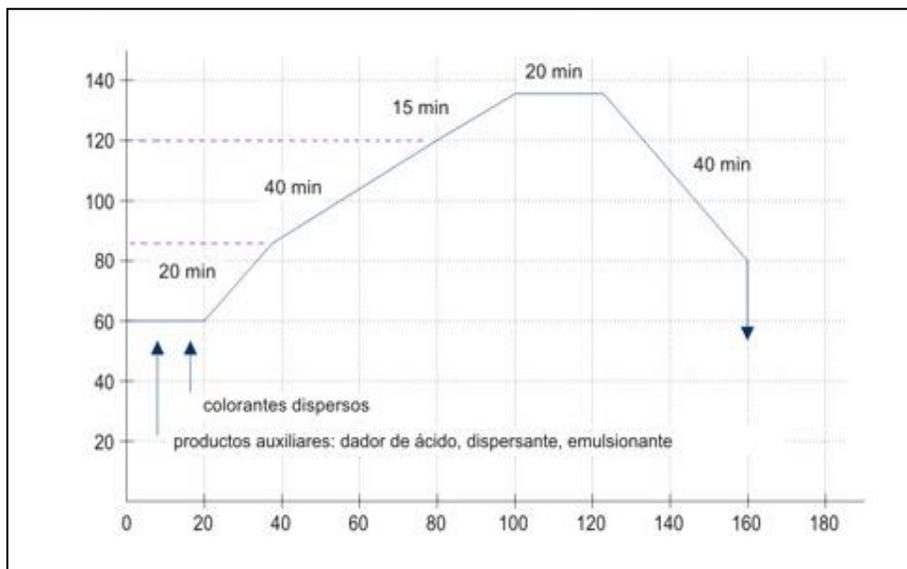
Figura 18. **Curvas temperatura-tiempo tonos medios**



Fuente: Red Textil Argentina. <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/home/258.html>.

Consulta: enero de 2013.

Figura 19. **Curvas temperatura-tiempo tonos claros**



Fuente: Red Textil Argentina. <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/home/258.html>.

Consulta: enero de 2013.

Como se observa en las tres gráficas la máxima temperatura alcanzada en los diferentes procesos de teñido es de 130 °C, los gradientes varían según el tipo de maquinaria a utilizar y el proceso en sí, algunas veces alcanzan temperaturas entre los 60 - 120 °C; se presenta una tabla que incluye los procesos, temperaturas alcanzadas y principalmente los gradientes utilizables según el Departamento de Producción de la empresa.

Tabla V. **Procesos, temperaturas máximas y gradientes de temperatura**

PROCESO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TEMPERATURA ALCANZADA (°C)	GRADIENTES (°C/min)
Teñido poliéster	Teñir por agotamiento a la fibra poliéster.	130	5, 3, 2, 1
Teñido <i>nylon</i>	Teñir por agotamiento a la fibra <i>nylon</i> .	120-130	1.5, 1
Teñido <i>lycra</i>	Teñir por agotamiento a la fibra <i>lycra</i> .	130	1.5, 1
Teñido algodón	Teñir por agotamiento a la fibra de algodón.	110-120	0
Teñido toalla	Teñir por alta temperatura a la toalla.	110	0
Lavado o enjabonado	Lavar y enjabonar la máquina para un nuevo proceso.	80-130	5, 3, 0
Desmante o descruce	Eliminación de grasas y ceras.	110	2
Matiz	Agregar color al proceso.	130	3, 2, 1.5, 1
Igualación	Repartición homogénea de colorantes sobre la tela.	110	1.5
Reducido	Quitar color al proceso.	110	5

Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.2.2.4. Preparación de olla de colorantes

La preparación del colorante, conlleva a mezclar de forma uniforme el colorante directo con ácido acético, sosa cáustica a determinado porcentaje, un oxidante fuerte como el peróxido, se lleva en el intervalo de temperatura de 40 – 60 °C; en un recipiente para colorantes con escala de volumen de 250 litros, hecho de material de acero inoxidable, con un serpentín alojado en el interior para dosificar las soluciones; la figura de este recipiente se muestra a continuación.

Figura 20. **Olla de preparación de colorantes**



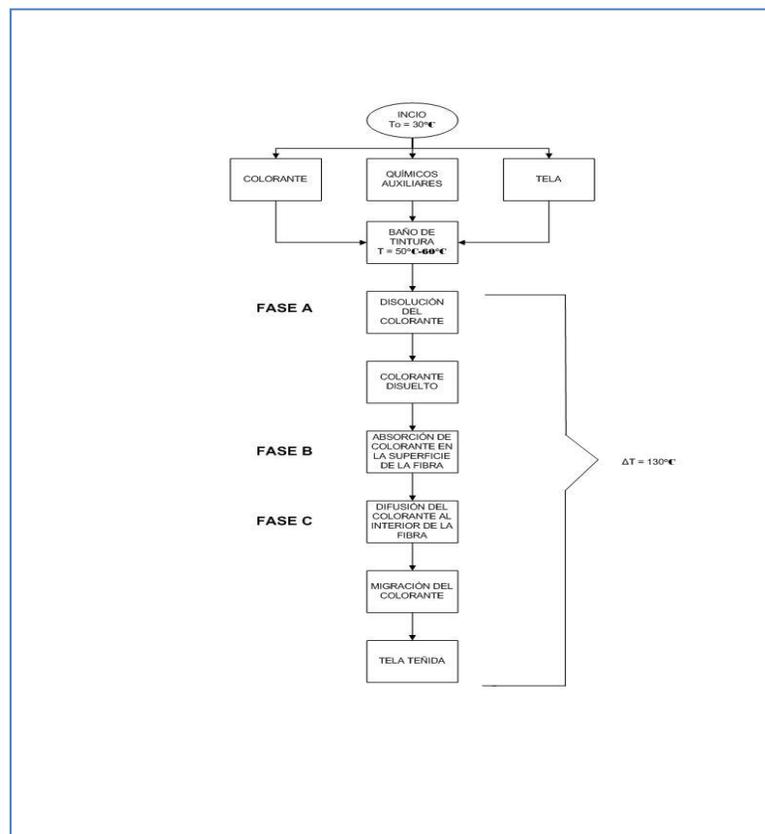
Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.2.2.5. Teñido

El proceso de tintura se resume por el método de agotamiento antes mencionado en tres grandes fases, la fase A; en donde la maquinaria se encuentra a temperatura ambiente aproximadamente a 30 °C.

Donde se introduce la tela, con la respectiva relación de agua que aplique la hoja de ruta del Departamento de Producción se eleva de nuevo la temperatura a un intervalo comprendido entre los 50 - 60 °C; se procede a la introducción de colorante y químicos auxiliares para el baño de tintura y la disolución de los mismos. En la fase B se absorbe el colorante en la superficie de la fibra a teñir, dando paso a la fase C; en donde existe la difusión del colorante al interior de la fibra y migración de la misma, todo esto en un cambio de temperatura de 130 °C. El seguimiento de estas fases se ilustra en la figura siguiente

Figura 21. **Representación de las fases de tintura**



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.2.3. Proceso de Acabado

Todo el proceso se deriva de la necesidad de dar al producto la satisfacción que el cliente solicita, por ello, los distintos acabados que se deriven son claves para la calidad de la tela. El Departamento de Tintorería Continua se dedica a cumplir estos requerimientos, por medio de estrictas normas de calidad que son el seguimiento de los procesos antes descritos. La siguiente tabla muestra los tipos de maquinaria utilizados para los procesos de acabado y tintorería continua respectivamente, además de dar una breve explicación del funcionamiento.

Tabla VI. **Maquinaria para tintorería continua y acabados**

TINTORERÍA CONTINUA Y ACABADOS			
NOMBRE	CANTIDAD	MARCA	FUNCIÓN
LAVADORA	1	KÜSTER	Limpiar y remover por medio de descruce toda sustancia residual en la tela.
LAVADORA	1	MEZZERA	Limpiar y remover por medio de descruce toda sustancia residual en la tela.
BLANQUEADORA	1	BENNINGER	Destinada a blanquear todo tipo de fibra por medio de detergente oxidante.
MERCERIZADORA	1	BENNINGER	Aumentar la resistencia y mantener la porosidad en la tela.
SANFORIZADORA	1	MONFORTS	Agregar brillo y planchado con elementos de flexibilidad.

Continuación de la tabla VI.

TINTORERÍA CONTINUA Y ACABADOS			
NOMBRE	CANTIDAD	MARCA	FUNCIÓN
SECADORA Ó RAMA	3	MONFORTS	Secar por medio de vapor directo y adherir dimensionamiento a la tela.
TORRE DE CILINDROS	1	MCS	Secar por medio de vapor directo telas tipo gabardina
LIJADORA	1	LAFER	Limpiar y quitar asperezas y tejidos sueltos en la tela.
AFELPADORA	1	MARIO CROSTA	Dar suavidad y elasticidad a tejidos delicados.

Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.2.3.1. Lavado de tela

El objetivo principal es remover impurezas naturales adheridas a las fibras y a la tela para acondicionarla a la posterior etapa de blanqueo. Las máquinas utilizadas para este fin en el Departamento de Tintorería continua son la máquina lavadora marca Küster de origen alemán y la lavadora Mezzera de origen italiano, en donde el acabado textil depende de los factores mecánicos, tiempo, temperatura y el agua. La figura de esta máquina se presenta a continuación.

Figura 22. **Lavadora marca Küster**



Fuente: Comercial Catalana de Maquinaria Textil S.A. <http://www.comercialcatalana.com>.
Consulta: enero de 2013.

Figura 23. **Lavadora marca Mezzera**



Fuente: Pakistan Textile Journal. <http://www.ptj.com.pk>.
Consulta: enero de 2013.

1.2.3.2. Blanqueado

En este proceso de acabado se remueve la tela coloreada, se utiliza sobre el algodón y el poliéster principalmente, el blanqueado se da en forma simultánea con el descruce. El material textil se trata con una solución diluida del agente blanqueador y tenso activo; después del blanqueo la tela se enjuaga en agua y luego se trata con sustancias reductoras que eliminan el exceso del detergente oxidante. La maquinaria utilizada en la empresa es la blanqueadora marca Benninger para desencolado, descruce y blanqueo, la figura de esta máquina se muestra a continuación.

Figura 24. **Blanqueadora marca Benninger**



Fuente: Benninger Textile AG.

http://www.benningergroup.com/uploads/tx_userdownloads/BENBLEACH_Spanish.pdf.

Consulta: enero de 2013.

1.2.3.3. Mercerizado

Este proceso permite incrementar la resistencia a la tensión, el lustre y la afinidad de los colorantes aplicados a las fibras; consiste en impregnar la tela con una solución fría de hidróxido de sodio. Este procedimiento se realiza manteniendo estirado el hilado o tejido. La máquina utilizada en el Departamento de Tintorería continua para el proceso es la mercerizadora marca Benninger, modelo Dimensa; la figura de esta máquina se muestra a continuación.

Figura 25. **Mercerizadora marca Benninger modelo Dimensa**



Fuente: Benninger Textile AG. [http:// www.benningergroup.com/uploads/tx_userdownloads/BEN-DIMENSA_Spanish.pdf](http://www.benningergroup.com/uploads/tx_userdownloads/BEN-DIMENSA_Spanish.pdf).

Consulta: enero de 2013.

1.2.3.4. Sanforizado

El proceso de sanforizado se realiza a la tela de tejido plano, para preencogerla y estabilizarla; el encogimiento se aplica por medio de una gruesa banda de caucho utilizando vapor y presión mecánica, en la primera unidad de la máquina sanforizadora, está máquina permite que la tela se entregue con textura, flexibilidad y dureza requerida. La figura de la máquina utilizada por el Departamento de Acabados es la sanforizadora marca Monforts de origen alemán que se muestra a continuación.

Figura 26. **Sanforizadora marca Monforts**



Fuente:Wotol Inc. <http://www.wotol.com>.

Consulta: enero de 2013.

1.2.3.5. Secado

Por medio del proceso de secado se le atribuye a la tela la propiedad de dimensionamiento es decir; que a través de la influencia de aceite térmico para dar calor a la maquinaria en forma de vapor se acondiciona la tela para dar el tamaño exacto en ancho y largo requerido por el cliente además de secar apropiadamente las fibras con temperaturas que alcanzan los 110 °C. La empresa cuenta con tres secadoras llamadas también ramas, de la marca Monforts y una torre de cilindros secadores marca MCS las figuras de estas maquinarias se muestra a continuación.

Figura 27. **Secadora marca Monforts**



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

Figura 28. **Torre de cilindros marca MCS**



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.2.3.6. **Lijado**

El lijado es un proceso de acabado en el que se necesita limar, quitar, remover mota, asperezas y todo tipo de incomodidad física en la tela. Por medio de este proceso se logra en la tela suavidad, comodidad y finura, la maquinaria utilizada es la lijadora marca Lafer que se muestra en la siguiente figura.

Figura 29. **Lijadora marca Lafer**



Fuente: Directorio de Proveedores y Fabricantes Internacionales Alibaba España.

<http://www.spanish.alibaba.com>.

Consulta: enero de 2013.

1.2.3.7. Afelpado

El afelpado es un proceso que consiste en modificar la superficie de una tela rompiendo las fibras de los hilos de una cara y a veces de las dos caras, dependiendo del uso final y el efecto deseado; este acabado pretende dar la apariencia de felpa, o de terciopelo, pero en general la acción es hacer la tela más voluminosa y más suave, las fibras rotas se cubren por la misma proyección y orientación. La máquina utilizada en la fábrica es la afelpadora Mario Crosta la figura se muestra a continuación.

Figura 30. Afelpadora Mario Crosta



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

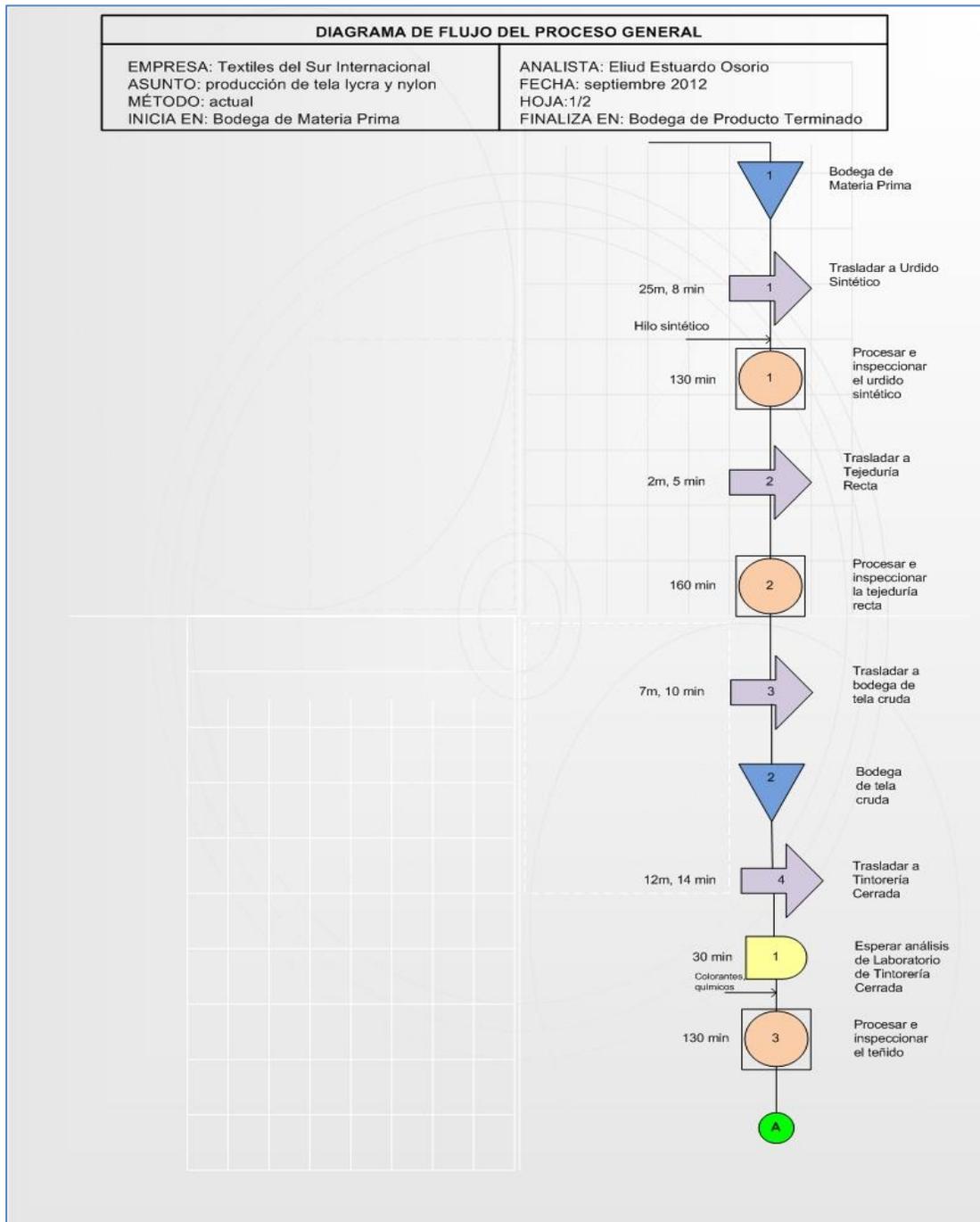
1.3 Descripción del proceso de tejeduría rectilínea

El proceso general de las telas de *nylon* y *lycra* comienza en la Bodega de Materia Prima, trasladar a Urdido Sintético (25 m, 8 min), urdir e inspeccionar el hilado (130 min).

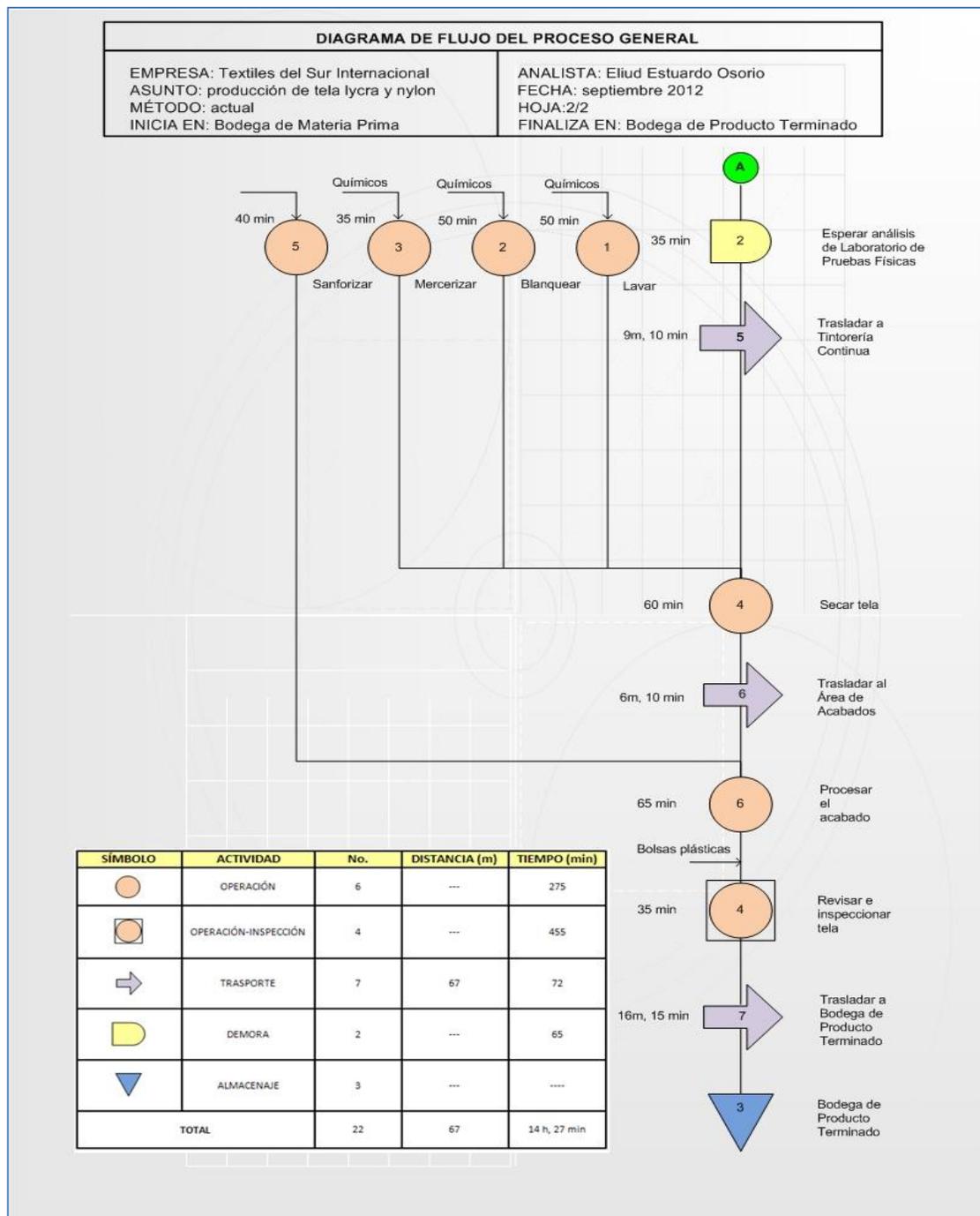
Trasladar al Área de Tejeduría Recta (2 m, 5 min), tejer e inspeccionar (160 min), trasladar a Bodega de Tela Cruda (7 m, 10 min), trasladar la tela a Tintorería Cerrada para el teñido (12 m, 14 min), esperar análisis de Laboratorio de Tintorería para Teñir (30 min), una vez aprobada la fórmula de teñido procesar e inspeccionar para colorear (130 min), esperar el análisis de Laboratorio de Pruebas Físicas para cumplir con los requerimientos (35 min), trasladar para la aprobación a Tintorería Continua (9m, 10 min).

Dependiendo del pedido del cliente lavar (50 min), blanquear (50 min) y mercerizar (50 min); proceder a secar la tela (60 min), trasladar al área de Acabados (6m, 10 min), para el acabado de la tela sintética sanforizar (40 min); procesar el acabado (65 min), proceder a inspeccionar y procesar al área de Revisado (35 min), trasladar a Bodega de Producto Terminado (16 m, 15 min) y por último almacenar en su respectiva bodega. El diagrama de flujo del proceso para la tela *nylon* y *lycra* se muestra en la siguiente figura.

Figura 31. Diagrama de flujo del proceso de tela *nylon* y *lycra*



Continuación de la figura 31.



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.3.1. Proceso de tejeduría rectilínea

La Tejeduría Recta llamada así por la urdimbre y se da en la forma que los tejidos sintéticos se colocan verticalmente, tiene mayor relevancia en la empresa; ya que estas telas son las que mayor ganancia generan para ella. Tal es el caso que Adidas produce en ella las telas deportivas para su comercialización.

Tanto en el Departamento de Tejeduría Recta como en el de urdido sintético, se procesan hilos de gran calidad, con maquinaria de automatizada que permite el proceso de telas con fibras de *nylon* y *lycra* principalmente, la característica principal de estas telas es su propiedad de elasticidad y absorción esto en cuanto a líquidos. En la siguiente tabla se muestra la maquinaria utilizada para los departamentos antes mencionados.

Tabla VII. **Maquinaria para urdido sintético y tejeduría recta**

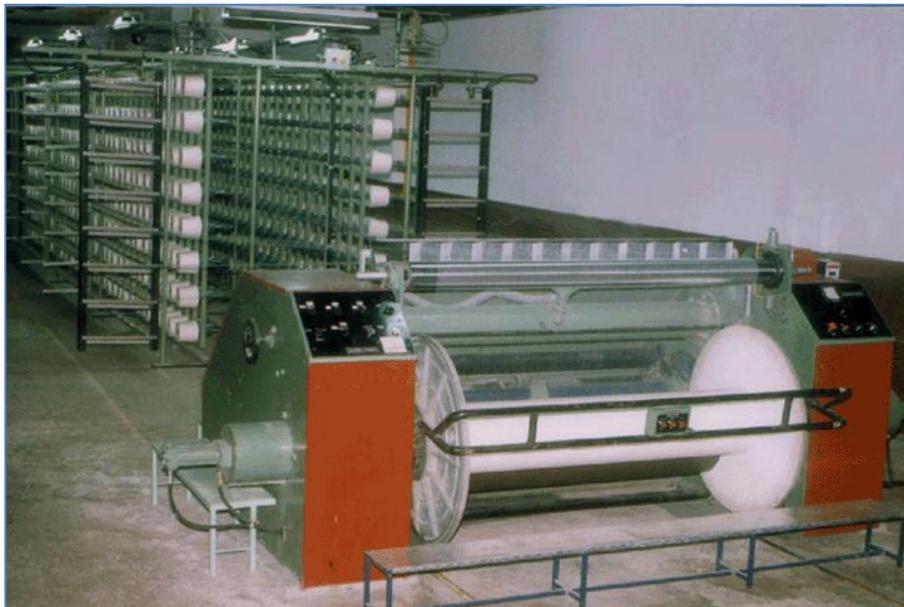
URDIDO SINTÉTICO Y TEJEDURÍA RECTA			
NOMBRE	CANTIDAD	MARCA	FUNCIÓN
URDIDORA SINTÉTICA	3	KARL MAYER	Urdidora de hilos de fibras sintéticas formando bobinas sin uso de engomado.
RECTILÍNEA	36	KARL MAYER	Tejer bobinas urdidas por medio de agujas con velocidad de 1800 rpm.

Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.3.1.1. Urdido sintético

El objetivo es reunir en un cilindro llamado cilindro básico varios hilos sintéticos en forma paralela y el número de hilos lo determina la referencia de la tela. En el proceso de urdido sintético los hilos se enrollan sobre el cilindro plegador a razón de 300 rpm, este es alimentado a través de dos franjas o secciones con pequeñas bobinas de hilo que se unen para formar el plegador. La figura de la urdidora sintética marca Karl Mayer se muestra a continuación.

Figura 32. Urdidora sintética Karl Mayer



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

1.3.1.2. Tejeduría recta

Los tejidos rectos son utilizados para las telas sintéticas con fibras de *nylon* y *lycra*, se procesa en un cuarto frío; con temperaturas de que oscilan entre los 6 – 8 °C.

Esto debido a que este tipo de fibra tiende a expandirse o contraerse con temperatura ambiente o alta; el telar recto tiene el objetivo de entrelazar hebras dispuestas a lo largo (urdimbre) con otras que van en ángulo recto a las primeras (tramado) pasando por encima o por debajo de estas.

El tipo de maquinaria utilizada es automatizada, ya que por medio de programación de variadores de velocidad; se consigue proyectar la velocidad del telar para que este haga el trabajo de forma independiente, además de percatarse de errores en el tejido por medio de un escaneo laser que permite parar el proceso en el momento del error. La figura del telar recto marca Karl Mayer de origen alemán se muestra a continuación.

Figura 33. **Tejedora recta Karl Mayer**



Fuente: Departamento de Producción. Textisur.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. ANÁLISIS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

El uso del recurso de vapor permite que los procesos para manufacturar telas tengan las propiedades físicas, químicas y mecánicas necesarias para la buena calidad y satisfacción hacia los clientes. Por ello el mantenimiento de los dispositivos en la maquinaria que tienen el fin de aprovechar al máximo el recurso de vapor juegan un papel importante en el proceso de estos productos.

Entre los dispositivos que accionan generalmente el desempeño de aprovechamiento del vapor en la maquinaria se encuentran los filtros, las válvulas, los intercambiadores de calor, condensadores y las trampas de vapor; estas últimas son el enfoque principal; ya que de ellas se espera el aporte de retornar el vapor condensado para retroalimentar el sistema y cerrar el ciclo termodinámico.

El análisis de termografía infrarroja para las trampas de vapor y la comprobación del consumo de vapor para cada maquinaria involucrada en el proceso, establecerán los costos en que incurre la empresa por el buen o mal aprovechamiento del recurso de vapor. En cada uno de los Departamentos de Producción que contemplan maquinaria con trampas de vapor tanto en la instalación de distribución como en el propio funcionamiento.

Se comprueba el estado en que se encuentran; derivando de ello un estudio minucioso por medio de temperaturas y presiones de trabajo que permiten diagnosticar el cambio necesario para el buen funcionamiento del sistema en que se encuentren albergadas.

2.1 Descripción del problema

El punto central del problema en el Departamento de Mantenimiento de Textisur, radica en el hecho de corregir fallas en el momento que estas se presentan, teniendo así, un costo alto por reparación de averías.

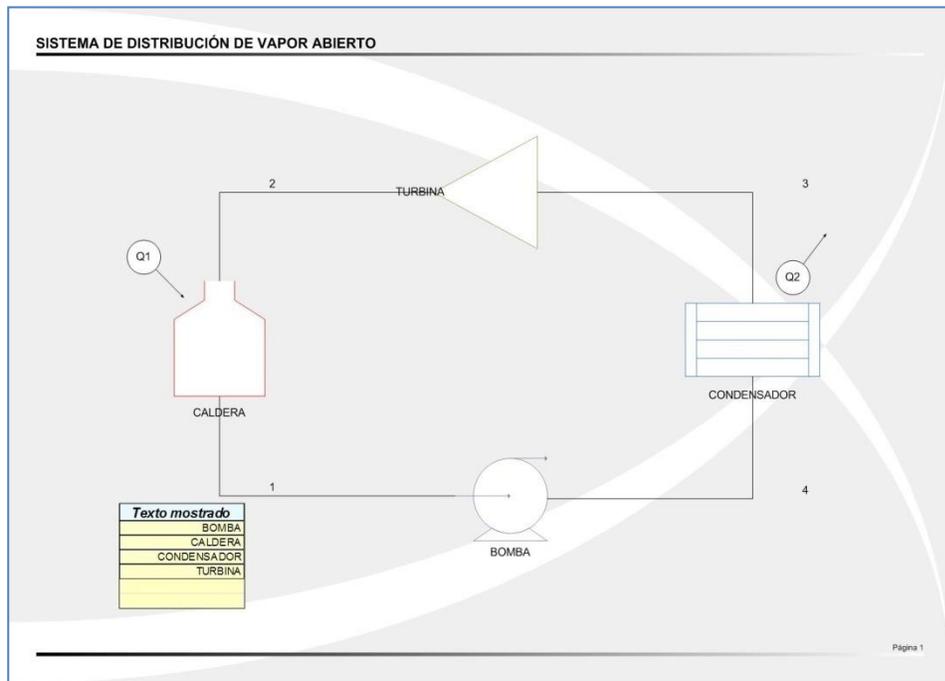
La necesidad de utilizar de una forma óptima y adecuada el recurso del vapor para el buen proceso de la tela, involucra al personal de mantenimiento a corregir fallas antes que estas se manifiesten. Por tal motivo, es importante analizar las trampas de vapor por medio de la termografía infrarroja y con ello reducir costos por mantener estos dispositivos termodinámicos en buen estado.

2.2. Conceptos básicos

El concepto de sistema de distribución de vapor abierto, deriva desde un sistema termodinámico que permite el flujo de energía, el flujo de masa a través de las fronteras.

A este sistema también se le conoce como volumen de control y a la frontera como superficie de control. A continuación se muestra la figura de este sistema.

Figura 34. Sistema de distribución de vapor abierto



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Estos sistemas contemplan entre los dispositivos trampas de vapor que son las que se estudian con detalle en el presente trabajo, las trampas de vapor son un tipo de válvula automática que filtra el condensado es decir vapor condensado y gases no condensables como lo es el esto sin dejar escapar al vapor. En la industria, el vapor es regularmente usado para calentamiento o como fuerza motriz para un poder mecánico. Las trampas de vapor son usadas en tales aplicaciones para asegurar que no se desperdicie el vapor.

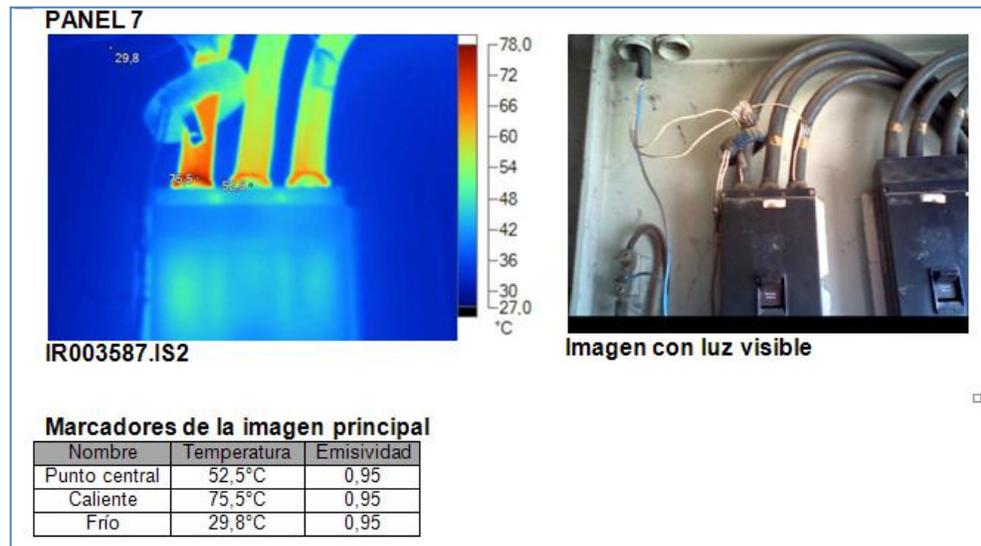
Las trampas de vapor pueden ser analizadas desde ensayos no destructivos como la termografía infrarroja que se basa en la obtención de la distribución superficial de temperatura de una tubería, pieza, maquinaria, envolventes, entre otros, por el que se obtiene un mapa de temperaturas por medio de una termografía o termograma, donde se visualizan puntos fríos o calientes debido a las anomalías que se pudieran encontrar en el aislamiento.

Con la realización del estudio termográfico completo se puede realizar una comprobación tanto en envolventes, como en maquinarias y sistemas de distribución, con lo que se puede conseguir:

- Un mayor conocimiento de la instalación realizada en cuanto a su estado térmico.
- Conocimiento de las pérdidas existentes (fugas) y por lo tanto de posibles puntos de actuación.
- Ahorro debido a una mayor eficiencia energética de los sistemas evaluados.

En la figura que se muestra a continuación se ejemplifica una toma termográfica; en la cual se aprecia un tablero de distribución eléctrico de la empresa.

Figura 35. Termografía infrarroja



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.3. Diagnóstico de la situación actual de las trampas de vapor

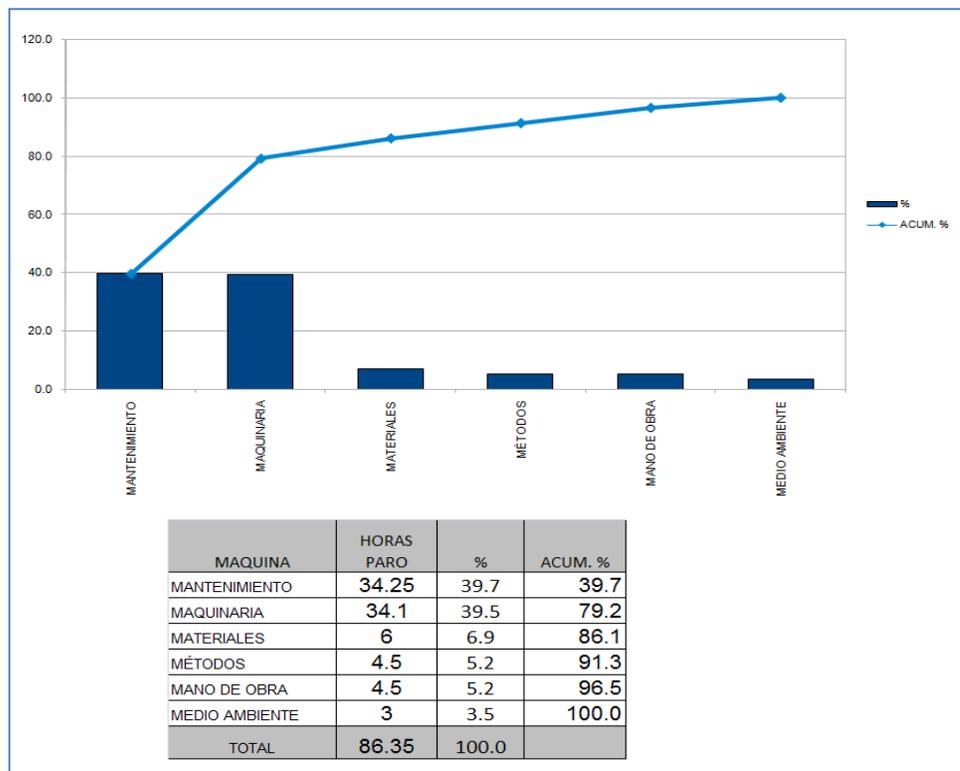
La situación en que se encuentran las trampas de vapor en la maquinaria dependen directamente al desgaste a que son sometidas por las condiciones de trabajo, Textisur es una empresa que trabaja en jornadas diurnas y nocturnas; por ello, el mantenimiento en estos dispositivos debería ser continuo, pero debido a condiciones administrativas y económicas no es de esta manera.

La maquinaria tiene un promedio de veinte años de uso, exceptuando algunas máquinas que tienen un promedio de cinco años de uso; los dispositivos termodinámicos como las trampas de vapor tienen una vida útil de dos años con trabajo continuo, y a pesar de este parámetro; casi nunca se cambian debido al alto costo.

La mayoría de las trampas de vapor y la tubería de conexión se encuentran con fugas, descargas de vapor insuficientes, picaduras por corrosión, suciedad, entre otros males, que provocan un sistema de flujo de vapor deficiente que desemboca en procesos repetitivos y altos costos a la empresa.

La justificación de este diagnóstico se muestra en el siguiente diagrama Pareto de donde se desglosa la información de las causas y efectos que sufren las trampas de vapor a partir del sondeo de horas paro en maquinaria por parte del Departamento de Mantenimiento.

Figura 36. **Diagrama de Pareto de situación actual de trampas de vapor**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

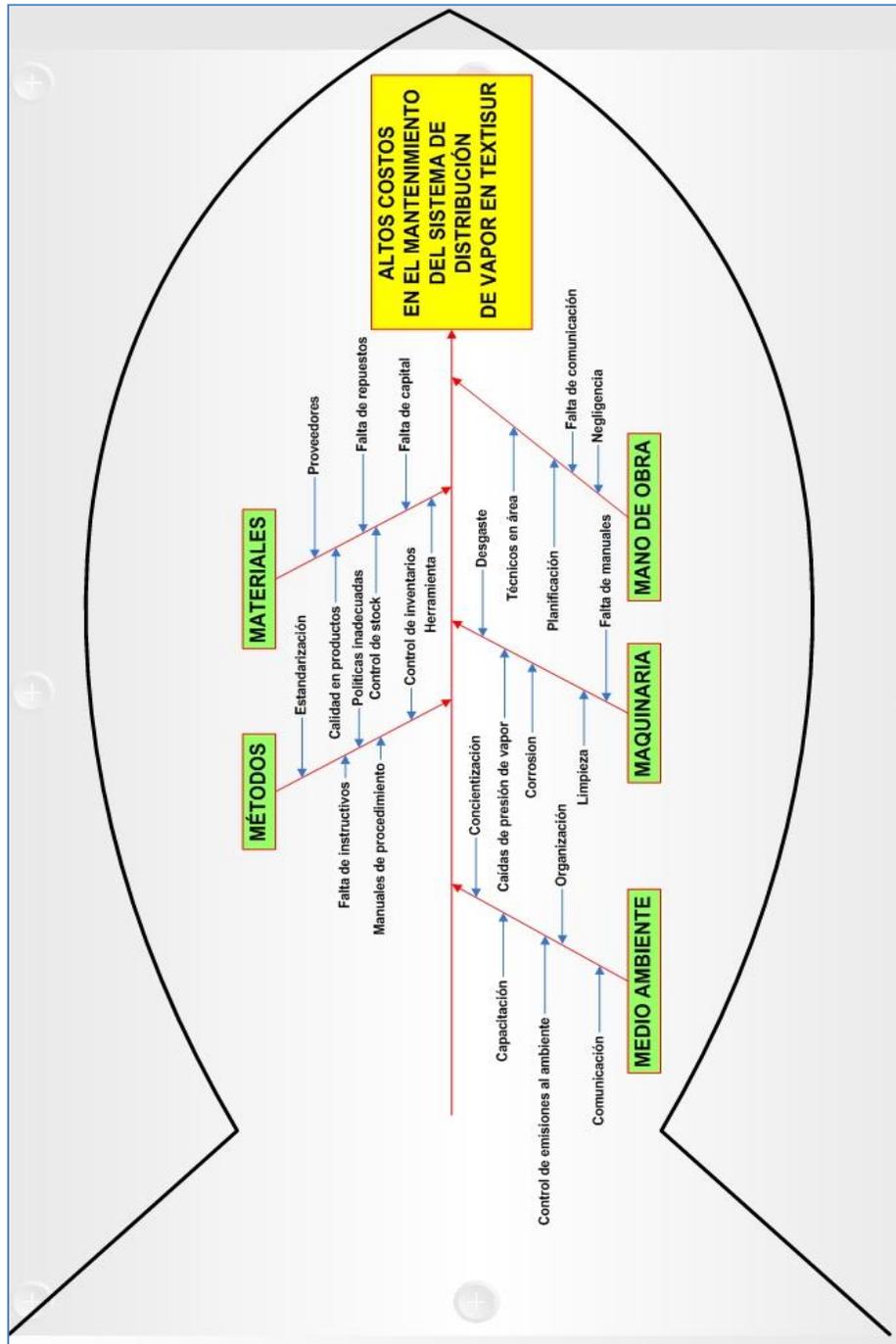
2.3.1. Diagrama causa y efecto de la situación actual

El diagrama de pescado identifica las causas que derivan el estado de las trampas de vapor y los efectos que desencadenan pérdidas a gran escala de tiempo, dinero y materiales.

Los efectos de la mala eficiencia en las trampas de vapor son varios, pero los que influyen mayormente en los altos costos son el mantenimiento y los recursos económicos con que cuenta la empresa para enfrentar día con día insuficiencias en el sistema de distribución de vapor a la maquinaria.

El problema radica en la gran proporción de trampas de vapor en mal funcionamiento y estado, que provocan a la vez; caídas de presión de vapor grandes, influyendo específicamente en la distribución y generación del recurso de vapor. La figura del diagrama de pescado se muestra a continuación.

Figura 37. Diagnóstico de las trampas de vapor en Textisur



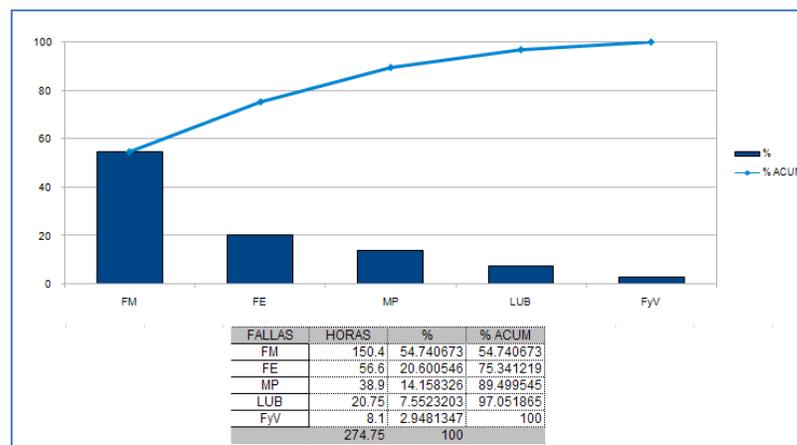
Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.3.2. Condiciones de mantenimiento

Es importante conocer que la maquinaria utilizada por Textisur es variada, debido a que los procesos tienen la particularidad de cambiar continuamente sus estándares, la tela sufre cambios bruscos en el proceso, esto debido a diferentes factores, uno de ellos es la maquinaria; puesto que debido al uso de repuestos genéricos en las mismas, no genera la adecuada temperatura para la manufactura de telas.

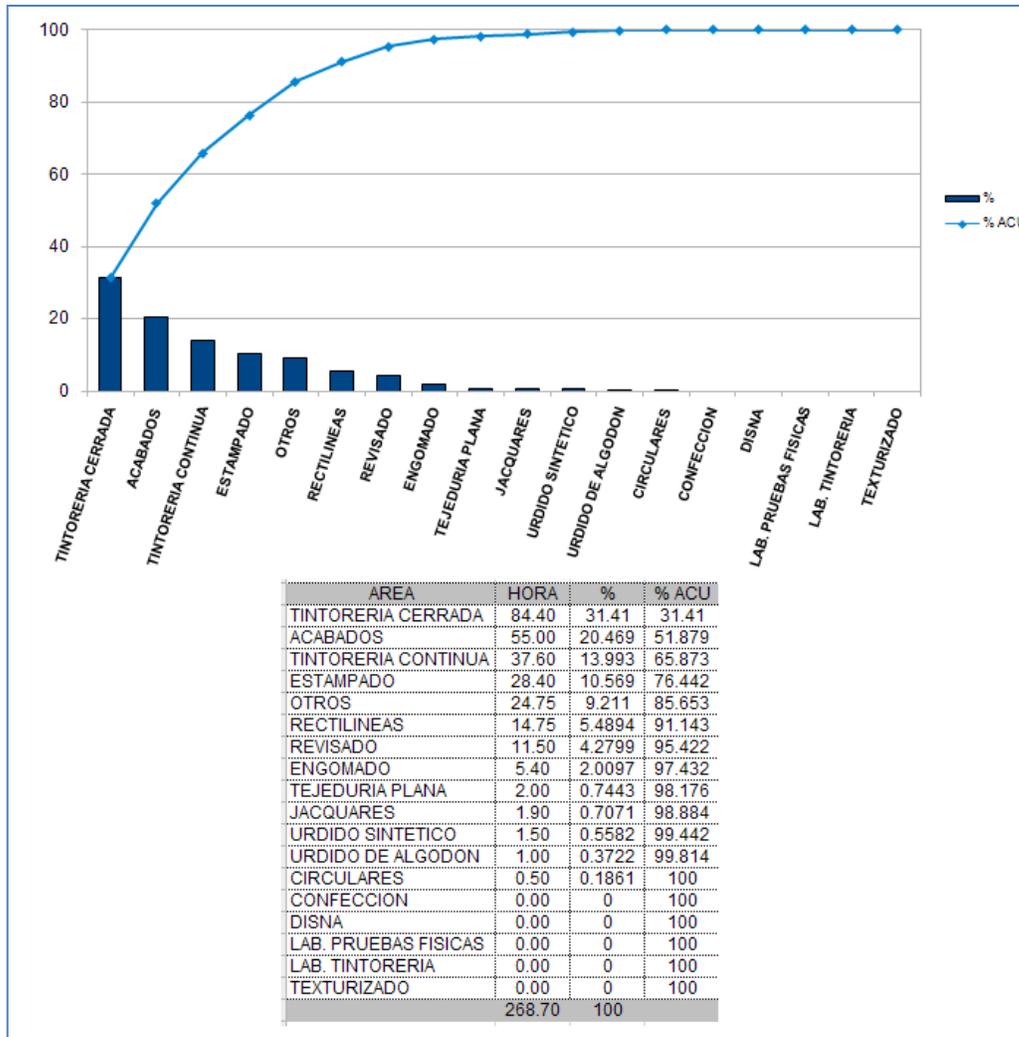
Cuando se presenta una falla la maquinaria es detenida y la demora por compostura es en la mayoría de ocasiones muy alta; las siguientes figuras muestran los diagramas Pareto basado en horas trabajadas por el Departamento de Mantenimiento y las fallas ocasionadas en la maquinaria de los distintos departamentos de Textisur; las fallas mecánicas y eléctricas predominan casi en todos los índices mensuales; el departamento con mayor mantenimiento correctivo es tintorería cerrada.

Figura 38. Diagrama de Pareto de fallas



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Figura 39. Diagrama de Pareto de fallas en departamentos



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

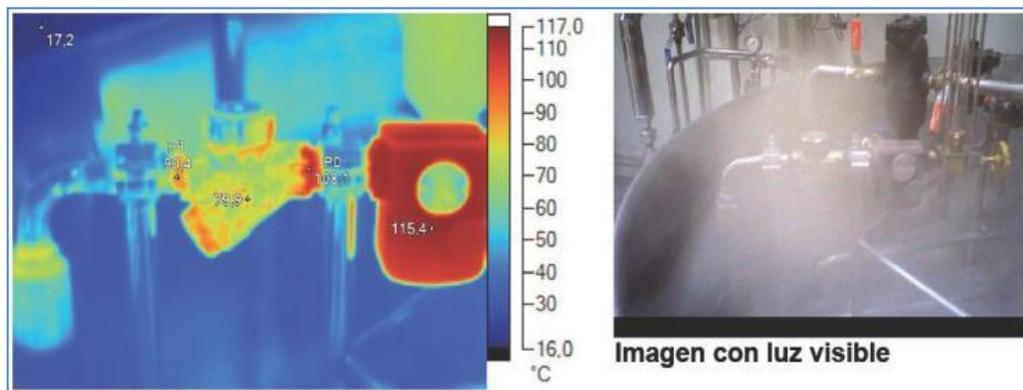
2.4. Análisis de las trampas de vapor

Para el análisis de las trampas de vapor de la empresa se utilizan típicamente dos factores que condicionan la operación de estos dispositivos:

- Las fugas internas teniendo en cuenta la apertura, ya sea parcial, completamente abierta y completamente cerrada.
- La modulación en sus condiciones operativas normales según la especificación.

El primer punto se contempla por medio de la termografía infrarroja, como se muestra en la figura, en donde existe una fuga en la trampa de vapor que se presenta en una olla de colorantes de una máquina teñidora.

Figura 40. **Fugas internas en trampas de vapor**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El segundo punto se analiza desde el fabricante, por medio de los manuales técnicos de diseño en trampas de vapor, las especificaciones de operación y condiciones máximas y mínimas en cuanto a temperatura y presión; dando una observación visual directa a la placa superior en el dispositivo termodinámico, donde especifica toda la información necesaria para compararla con la información que se extrae del campo de trabajo de mantenimiento en la empresa como se muestra en la siguiente figura.

Figura 41. **Especificación en placa superior de trampa de vapor**

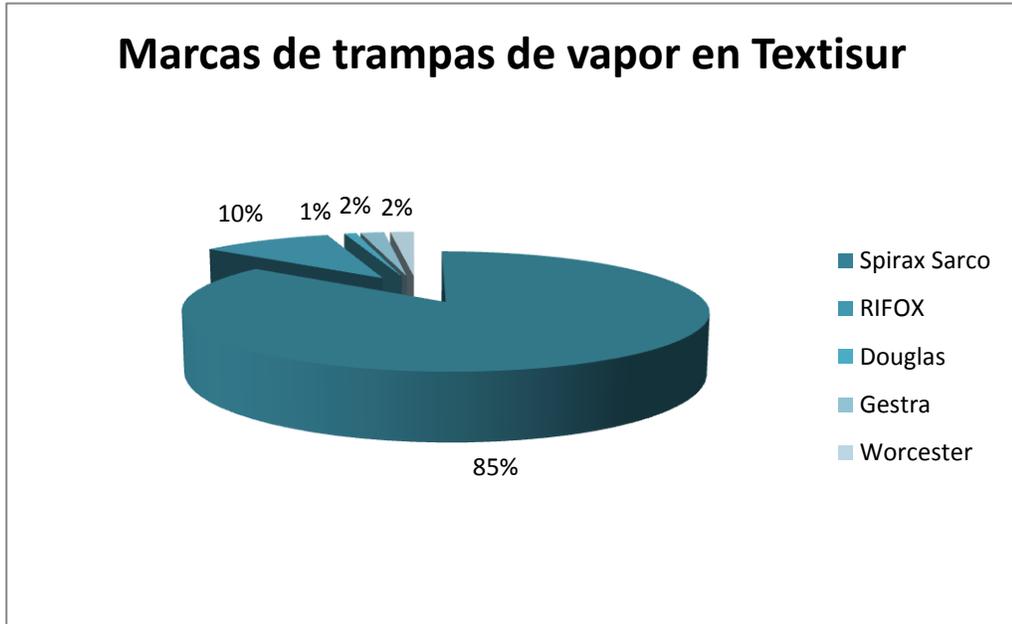


Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1. Trampas de vapor utilizadas en Textisur

Por la variedad de maquinaria que se utiliza en la textilera, existen también distintas marcas de trampas, que se distribuyen tanto en la maquinaria misma, como en la instalación del área de Tubería de vapor a alta presión; el siguiente gráfico contempla en porcentajes las marcas utilizadas en el trapeo entre las que destaca la marca Spirax Sarco con un 85 % de dispositivos instalados.

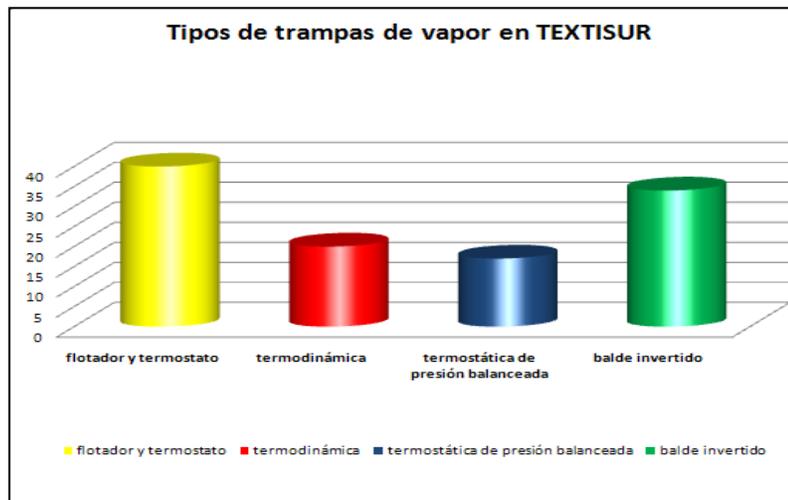
Figura 42. Gráfico de marcas de trampas de vapor en Textisur



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Los tipos de trampas utilizadas varían de acuerdo con la necesidad de la maquinaria; existen trampas mecánicas, termostáticas y termodinámicas, las trampas mecánicas de tipo flotador y termostato son las que mayor figura en la empresa; la gráfica de los tipos de trampa se muestra a continuación.

Figura 43. **Gráfico de tipos de trampas de vapor en Textisur**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1.1. Especificaciones sobre análisis a trampas de vapor

El principal objetivo sobre especificar el comportamiento de una trampa de vapor es conocer a fondo, las características principales del dispositivo, así como diámetro de conexión en tubería, las ventajas y desventajas que se puedan dar por conectar una trampa al sistema de vapor abierto, el modelo, las temperaturas y presiones a las que son sometidas en operación así como su ubicación específica en la empresa.

La información requerida para este análisis es extraída de un inventario de trampas de vapor que sirve para tener el control y especificación de las mismas es importante conocer que la empresa contempla un total de 111 trampas de vapor distribuidas en las áreas de: Engomado, Tintorería Cerrada y Tintorería Continua.

La clasificación general de las diferentes trampas de vapor se dividen en tres categorías principales como lo son las mecánicas, termostáticas y termodinámicas; éstas a la vez se subdividen en otros tipos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla VIII. **Tipos de trampas de vapor**

*MECÁNICAS	*Flotador-Termostáticas	Flotador Libre
	*Balde Invertido	Flotador con Nivel
		Balde Libre
*TERMOSTÁTICAS	Expansión	Cápsula con Líquido
	*Presión Balanceada o Equilibrada	Fuelle tipo Diafragma
	Bimetálicas	Bimetálicas
*TERMODINÁMICAS	*Disco	Cámara Expuesta
	Impulso	Aislamiento con Aire
		Aislamiento con Vapor
		Orificio y Pistón
*Trampas de vapor existentes en Textiles del Sur Internacional		

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

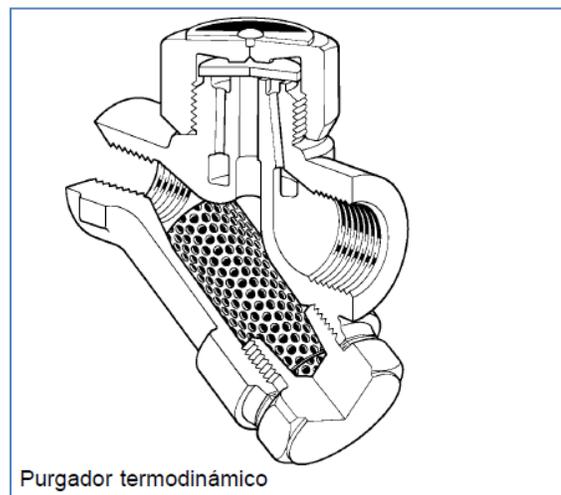
Esta división es de suma importancia ya que de ella se deriva el comportamiento del mecanismo interno de cada trampa de vapor, con ello; se tiene plena confianza del tipo de mantenimiento a aplicar para cada tipo de trampa de vapor.

2.4.1.1.1. Análisis de trampas termodinámicas

El principio de funcionamiento de las trampas termodinámicas o purgador termodinámico se basa en cambios de dinámica de fluido, es decir, que depende en parte de la formación de revaporizado del condensado. El condensado caliente es descargado a presión y puede dar una mezcla de vapor y agua.

La trampa termodinámica tipo disco consta de un cuerpo con una cara de cierre plana, con una entrada en el centro y tres orificios de salida periféricos como se muestra en la siguiente figura.

Figura 44. **Trampa de vapor termodinámica de disco**



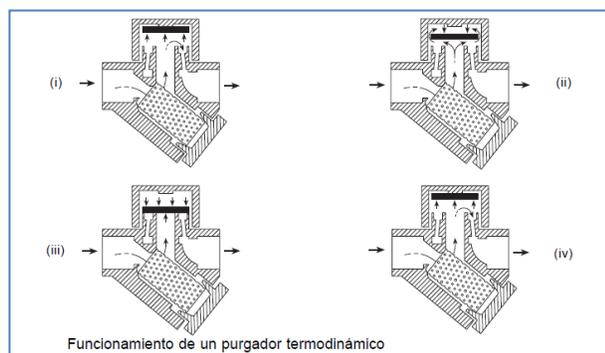
Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de*.
http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf.

Consulta: marzo de 2013.

El funcionamiento de la trampa puesta en marcha comienza cuando la presión a la que es sometida eleva el disco y el condensado frío y el aire son descargados inmediatamente del aro interno ubicado bajo el disco y sale por los tres orificios periféricos (i). El condensado caliente circula a través del paso de entrada en donde se aloja en una cámara debajo del disco y la presión baja desprendiendo revaporizado; la alta velocidad crea un área de menor presión debajo del disco y lo acerca al asiento (ii).

Al mismo tiempo se produce un aumento de presión producido por el revaporizado en la cámara sobre el disco que le obliga a cerrar venciendo la presión del condensado hasta que se asienta en el anillo interno y externo. En este punto la presión encima del disco iguala la presión por debajo ubicada en el aro interior, de cualquier forma, la parte superior del disco tiene una fuerza mayor que la inferior ya que tiene más superficie sujeta a estas presiones. Finalmente, la presión en la cámara superior disminuye por condensación del revaporizado y el disco vuelve a levantarse y el ciclo se repite (iv), la siguiente figura muestra lo descrito anteriormente.

Figura 45. **Funcionamiento de la trampa de vapor termodinámica**



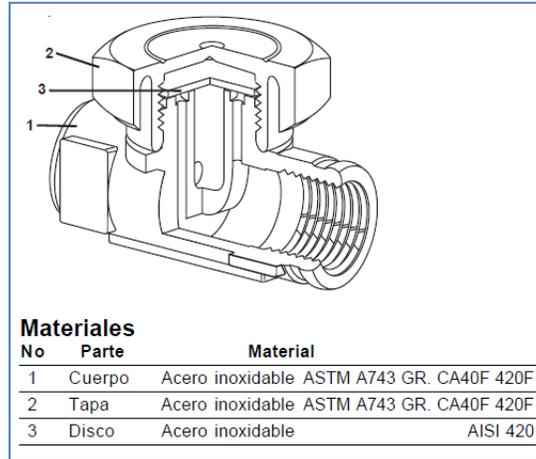
Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .

http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf. Consulta: marzo de 2013.

El ritmo operativo depende de la temperatura del vapor y las condiciones ambientales. La mayor parte de las trampas permanecen cerradas entre 20 y 40 segundos. Si estas trampas abren con demasiada frecuencia, quizás a una ubicación fría o con viento, el ritmo de apertura se puede ralentizar simplemente montando una tapa de aislamiento.

Las trampas termodinámicas tipo disco modelo TD-52 son utilizadas en los equipos de proceso e instalaciones exteriores de la empresa debido a que son muy resistentes a condiciones climáticas adversas y reducen los ciclos de operación para disminuir el desgaste, la figura de este modelo de trampa se muestra a continuación.

Figura 46. **Trampa de vapor termodinámica modelo TD-52**



Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .

http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf. Consulta: marzo de 2013.

Debido a que las presiones y temperaturas límite de operación son altas la mayoría de este tipo de trampas se ubica en el área de Tintorería Cerrada y otro porcentaje menor en las áreas de Engomado y Acabados como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IX. **Trampas de vapor termodinámicas de Textisur**

No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (plg)	TIPO DE TRAMPA
10	Tubería Alimentación Engomadora Sucker	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco
11	Tubería Alimentación Engomadora Sucker	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco
15	Thies 1	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco
16	Thies 1	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco
22	Thies 3	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco
23	Thies 3	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco
27	Mezzera	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco
58	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco
59	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco
60	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco
61	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco
62	Tubería Alimentación Tanque Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco
63	Tubería Alimentación Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco
64	Rama 1	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco
65	Rama 1	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco
66	Tubería Alimentación Gaston County	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco
67	Tubería Alimentación Fong's Hilo	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco
69	Blanqueadora	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco
70	Rama 1	Worcester	WTD-52	1/2"	termodinámica de disco
71	Rama 1	Worcester	WTD-52	1/2"	termodinámica de disco

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

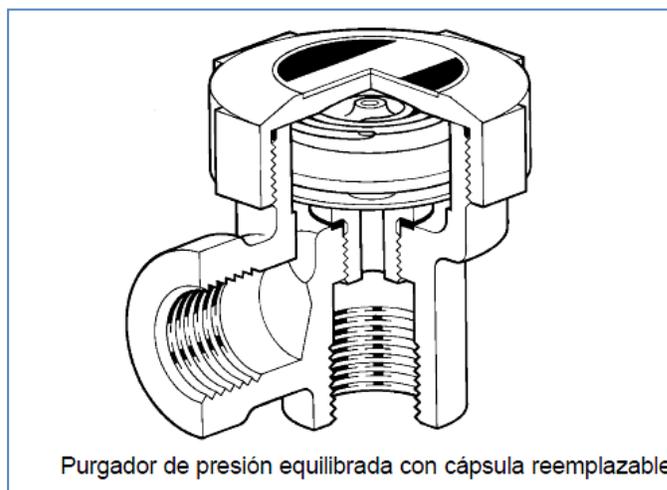
2.4.1.1.2. **Análisis de trampas termostáticas**

Una trampa termostática funciona por el principio de cambios de temperatura, en donde la temperatura del vapor saturado está establecida por la presión.

En el proceso, donde se produce el intercambio; el vapor cede la entalpía de evaporación, produciendo condensado a la temperatura del vapor. Si existe pérdida de calor posterior significa que la temperatura de este condensado disminuye. Una trampa de vapor termostática capta la temperatura y posiciona la válvula en relación al asiento para descargar el condensado.

El purgador o trampa de vapor de presión equilibrada o balanceada sugiere el nombre para hacer frente a las variaciones de presión y temperatura. La figura que se muestra de la trampa de vapor termostática de presión equilibrada posee una cápsula que puede ser reemplazable en caso de falla.

Figura 47. **Trampa de vapor termostática de presión equilibrada**



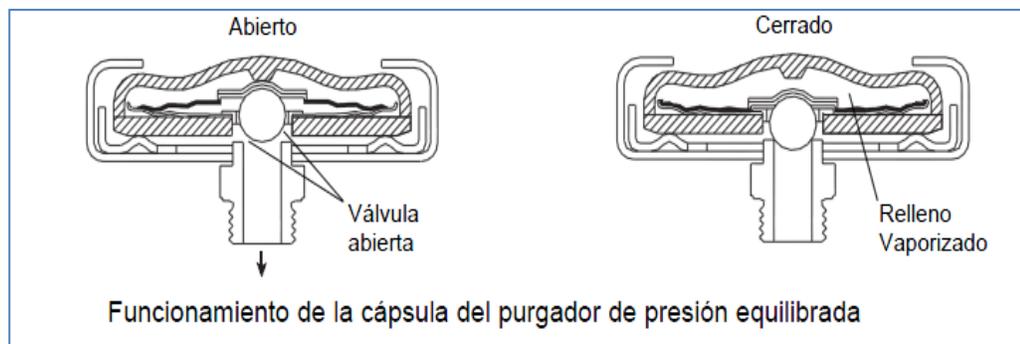
Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .
http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf. Consulta: marzo de 2013.

Funciona con una cápsula que contiene una pequeña cantidad de un líquido especial con una temperatura de ebullición algo inferior a la del agua.

En las condiciones frías del arranque, la cápsula está en posición de reposo, la válvula está abierta, permitiendo la salida del líquido; esta característica se explica porque están tan bien adaptadas para ventear las trampas de vapor de presión equilibrada.

Según la entrada de condensado a la trampa de vapor de presión equilibrada se transfiere calor al líquido del interior de la cápsula, el líquido que la llena empieza a hervir antes de que el vapor llegue a la trampa. La presión de vapor dentro de la cápsula hace que se expanda y cierre la válvula. Cuando el condensado dentro de la trampa se enfría, el vapor de adentro de la cápsula condensa y la cápsula se contrae; abriendo la válvula y descargando el condensado hasta que de nuevo se aproxima a la temperatura de vapor y comienza de nuevo el ciclo, la figura del funcionamiento de la trampa se muestra a continuación.

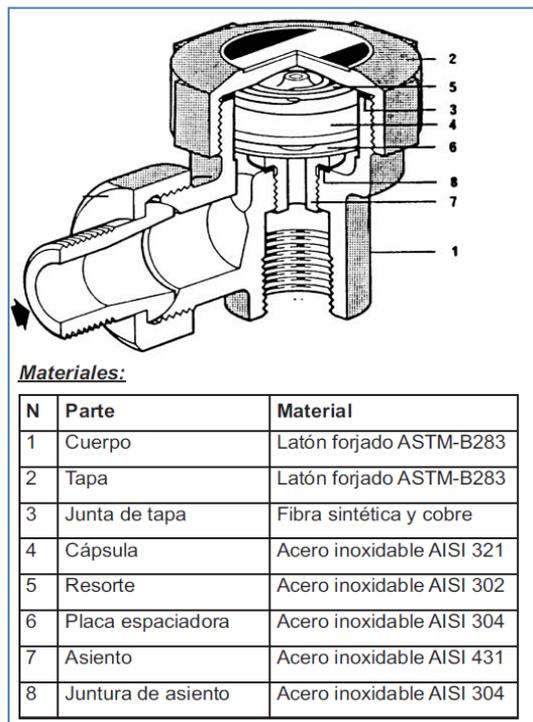
Figura 48. **Funcionamiento de la trampa de vapor termostática de presión equilibrada**



Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de*.
http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf. Consulta: marzo de 2013.

El modelo de trampa termostática de presión equilibrada utilizada es la BPT-13SX con denominación G, el diseño permite resistir grandes presiones, golpes de ariete y vapor con un grado de sobrecalentamiento, buena resistencia al común de los condensados corrosivos. La denominación 13SX es debida al tipo de conexión recta con un tamiz, temperatura de descarga de 13 °C por debajo de la del vapor, una opción con letra G para temperatura de descarga de 6 °C por debajo de la del vapor; las siglas en ingles BPT (Balanced Pressure Thermostatic) señalan el tipo de trampa. La figura de las partes del dispositivo se muestra a continuación.

Figura 49. **Trampa de vapor termostática de presión equilibrada modelo BTP-13SXG**



Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .
http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf. Consulta: marzo de 2013.

La engomadora Benninger posee todas las trampas de este tipo ya que son especiales para máquinas multicilíndricas, en donde el drenado de vapor se dispone para pequeñas boquillas de entrada y salida que poseen los purgadores termostáticos. La tabla de las trampas termodinámicas de presión balanceada en la empresa se muestra a continuación.

Tabla X. Trampas de vapor termostáticas de Textisur

No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (plg)	TIPO DE TRAMPA
41	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
42	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
43	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
44	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
45	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
46	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
47	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
48	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
49	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
50	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
51	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
52	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
53	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
54	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
55	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
56	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada
57	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada

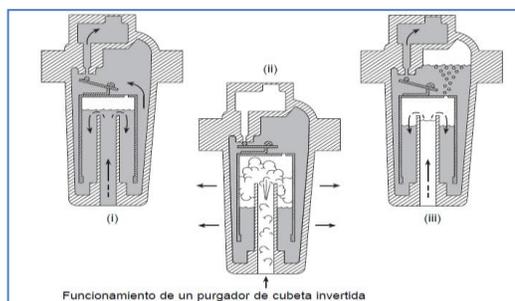
Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1.1.3. Análisis de trampas de balde invertido

La trampa de vapor utiliza como mecanismo un balde o cubeta invertida que basa el funcionamiento en la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado, la cubeta invertida flota cuando el vapor alcanza el purgador y cierra una válvula.

Una parte esencial de la trampa es un pequeño orificio de venteo en la parte superior del balde, el funcionamiento comienza cuando (i) el balde cuelga haciendo que la válvula se separe del asiento; el condensado fluye por debajo del balde, llenando el cuerpo y saliendo por la salida de vaciado. En (ii) la entrada de vapor hace que el balde flote, sube y cierre la válvula, en (iii) la trampa permanece cerrada hasta que el vapor en la cubeta se condense o se salga del orificio de venteo en la parte superior del cuerpo de la trampa; entonces, se hunde haciendo que la válvula se retire del asiento, el condensado acumulado sale y el ciclo se repite, la figura del funcionamiento de la trampa de balde o cubeta invertida se muestra a continuación.

Figura 50. **Funcionamiento de trampa de vapor de balde invertido**

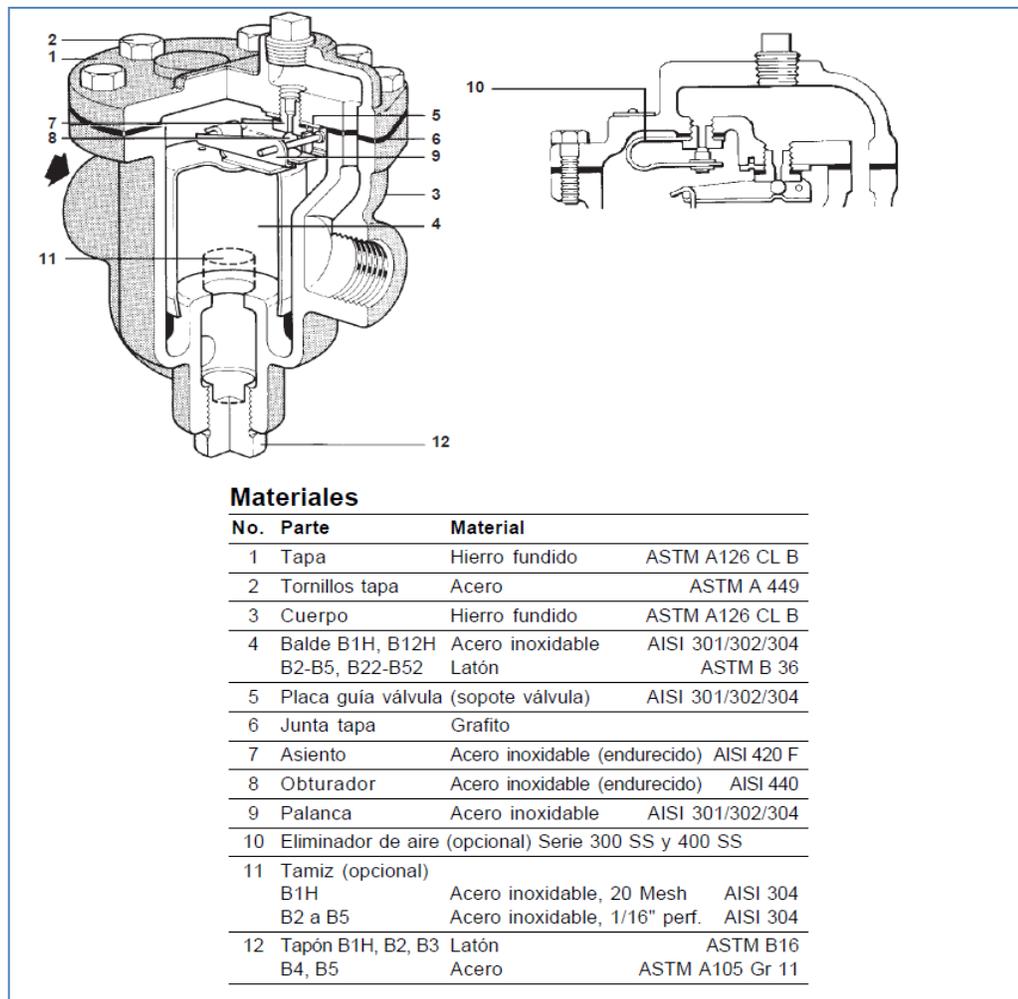


Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .

http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf. Consulta: marzo de 2013.

La trampa de balde invertido serie B-1H tiene mucha aplicación en calandras verticales para el drenado de cilindros, por ello la mayoría de trampas de este modelo está instalado en la torre secadora de cilindros; las partes de este modelo de trampa de balde invertido y la tabla de las mismas en la empresa se muestra a continuación.

Figura 51. Trampa de vapor de balde invertido modelo B-1H



Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .

http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf. Consulta: marzo de 2013.

Tabla XI. **Trampas de vapor de balde invertido de Textisur**

No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (pulg)	TIPO DE TRAMPA
28	Mezzera	Spirax Sarco	B-1H	3/4"	balde invertido
32	Sanforizadora	Spirax Sarco	B-1H	3/4"	balde invertido
73	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
74	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
75	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
76	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
77	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
78	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
79	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
80	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
81	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
82	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
83	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
84	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
85	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
86	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
88	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
89	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
95	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
96	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
98	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
99	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
100	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
101	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
102	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
103	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
104	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
105	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
106	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
107	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
108	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
109	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
110	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido
111	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido

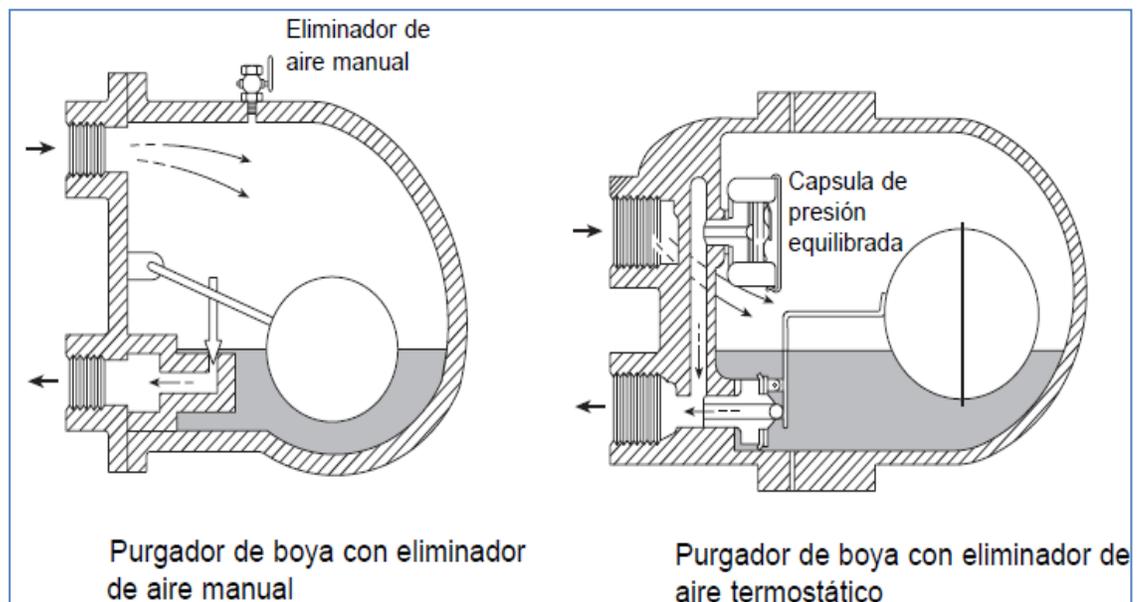
Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1.1.4. Análisis de trampas de flote

La trampa de flote llamada también de boya cerrada, detecta la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado por medio de un flotador o boya, en el caso de la trampa de flotador libre el condensado que llega a la trampa hace que el flote suba; separando la válvula del asiento y soltando el condensado.

Como se puede apreciar en la siguiente figura, la válvula está siempre inundada y nunca pasará por ella ni agua ni vapor, así que se utiliza una llave de paso para eliminar el aire en la parte superior del cuerpo; mientras que el eliminador termostático permite que el aire que se encuentra al inicio se elimine mientras se maneja el condensado.

Figura 52. Funcionamiento de la trampa de vapor de flote

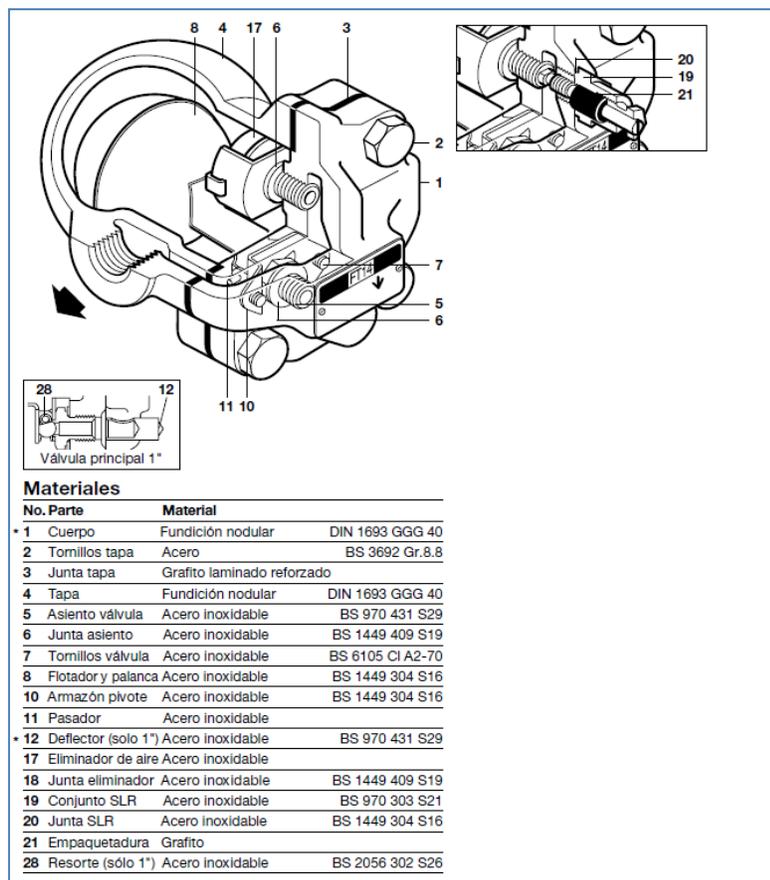


Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de*.

http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf. Consulta: marzo de 2013.

Entre los diferentes modelos de trampas de flote con termostato, destaca el modelo FT-14 (*float thermostatic*) de la marca Spirax Sarco, ya que se encuentra instalada en la mayoría de máquinas con alto grado de condensado y permite eliminar por medio de el termostato el aire interno; además de ahorrar tiempo en el mantenimiento, ya que no se necesita desmontarla de la línea para ejecutar cambios. La figura muestra el modelo de esta trampa de vapor.

Figura 53. **Trampa de vapor de flote y termostato modelo FT-14**



Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .

http://www.spiraxsarco.com/cl/pdfs/training/gcm_11.pdf. Consulta: marzo de 2013.

La trampa de flotador y termostato es ideal para calandras, secadoras de tela, máquinas de planchado y teñido; debido a que el drenaje de condensado y salida de aire es importante en el proceso del vapor. En las maquinarias de los Departamentos de Engomado, Tintorería Cerrada y Continua se encuentran las trampas de flote y termostato; que son expuestas a presiones y temperaturas muy altas, la siguiente tabla muestra las ubicaciones, marcas y diámetros de conexión para ellas.

Tabla XII. Trampas de vapor de flotador y termostato de Textisur

No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (plg)	TIPO DE TRAMPA
1	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato
2	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato
3	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato
4	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato
5	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato
6	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato
7	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato
8	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato
9	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato
12	Gaston County	Spirax Sarco	BF 072793	3/4"	flotador y termostato
13	MCS	Spirax Sarco	FT-43-10	1 1/2"	flotador y termostato
14	Thies 4	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato
17	Fong's 2	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato
18	Fong's 1	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato
19	Fong's 1	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato
20	S` clavos	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato
21	Thies 6	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
24	Thies 5	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato
25	Thies 2	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato
26	Fong's Hilo	Spirax Sarco	FT-43-10	1 1/2"	flotador y termostato
29	Mezzeria	Gestra	UNA 23	1/2"	flotador y termostato
30	Mezzeria	Douglas	GE CF8M	2"	flotador y termostato
31	Her Tornig	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato
33	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
34	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
35	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
36	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
37	Sanforizadora	Gestra	UNA 23 Duplex	1/2"	flotador y termostato
38	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
39	Blanqueadora	RIFOX	PN 16/25	1"	flotador y termostato
40	Blanqueadora	RIFOX	PN 16/25	1"	flotador y termostato
68	Fong's Lycra	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato
72	MCS	Spirax Sarco	FT-43-10	1 1/2"	flotador y termostato
87	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
90	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
91	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
92	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
93	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
94	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato
97	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato

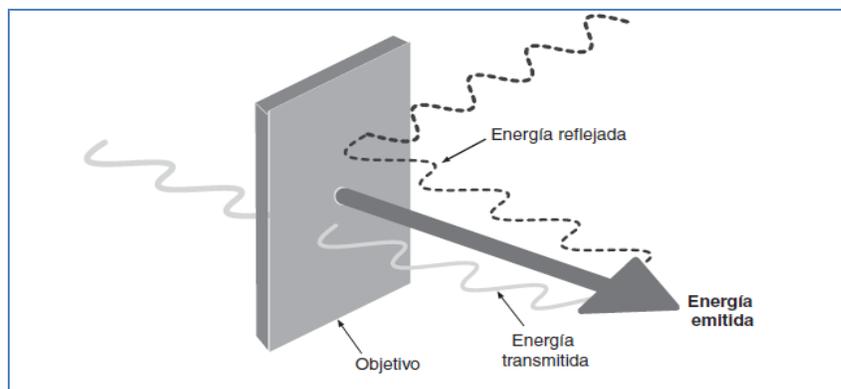
Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1.2. Cálculo de temperaturas y presiones de operación

El cálculo se hace por medio de aparatos térmicos como la pistola de temperatura y la sonda de contacto para la temperatura, la pistola toma mediciones de temperatura sin contacto con el objeto a medir a diferencia de la sonda; la diferencia de temperatura de entre la entrada y la salida de vapor en la trampa determina la falla, descarga o cierre correcto del dispositivo como tal.

La pistola de temperatura trabaja de tal forma que mide la cantidad de radiación de energía infrarroja emitida por la superficie, la óptica de la pistola detecta la energía emitida, reflejada y transmitida, que se recoge y se concentra en un detector. Los circuitos electrónicos del equipo convierten la señal en una lectura de temperatura que se muestra. El principio de funcionamiento de la pistola se muestra a continuación en la figura.

Figura 54. Principio de funcionamiento de pistola de temperatura



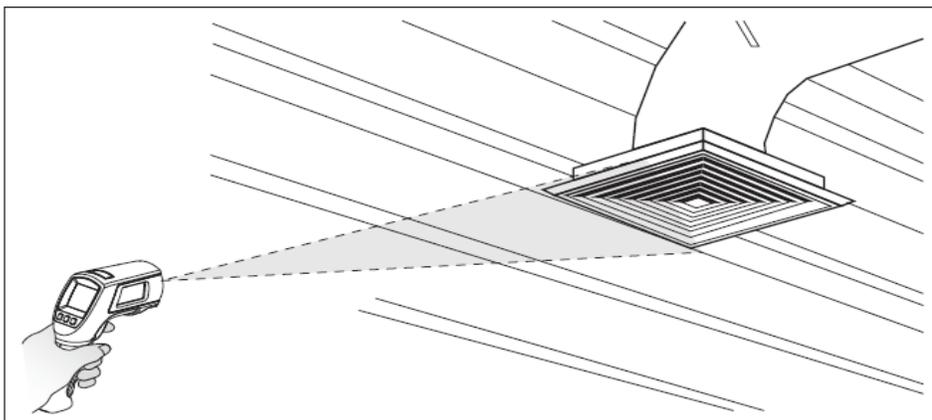
Fuente: Fluke Corporation. *Manual de uso, Thermal Imagers Ti10, Ti25, TiR and TiR1.*

[http://www.fluke.com/fluke/uses/Termometros/Fluke-568-566.htm?PID=56090.](http://www.fluke.com/fluke/uses/Termometros/Fluke-568-566.htm?PID=56090)

Consulta: marzo de 2013.

Para encontrar las temperaturas en las trampas de vapor, se tiene que localizar un punto caliente o frío se explora con movimientos de arriba y abajo; además de cuidar el reflejo de ciertos materiales que pueden entorpecer la lectura de la pistola, a continuación se muestra la figura de localización de un punto caliente o frío para la lectura de temperatura.

Figura 55. **Localización con pistola de temperatura de puntos calientes y fríos**



Localización de un punto caliente o frío

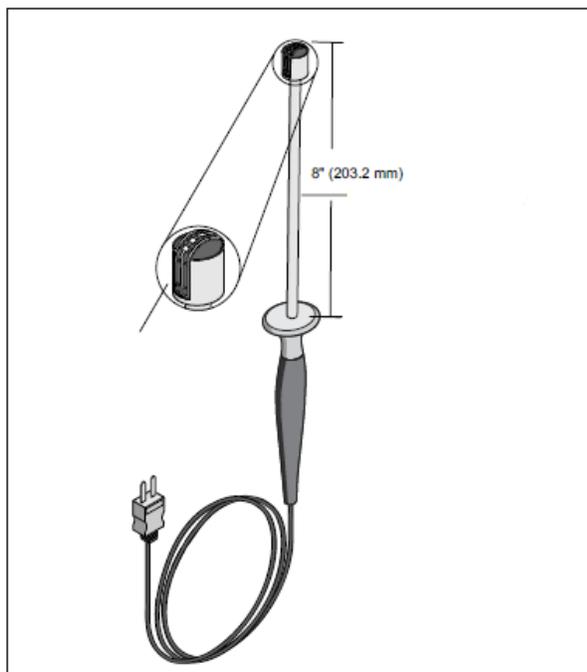
Fuente: Fluke Corporation. *Manual de uso, Thermal Imagers Ti10, Ti25, TiR and TiR1.*

<http://www.fluke.com/fluke/uses/Termometros/Fluke-568-566.htm?PID=56090>.

Consulta: marzo de 2013.

En el uso de sonda de contacto se utiliza un multímetro en posición de medición de temperatura, añadiendo en los conectores positivo y negativo el conductor de la sonda de contacto; con lo cual, se procede a tocar la tubería de entrada y salida de vapor en la trampa de vapor o purgador, esperando un intervalo de tiempo para estabilizar el sensor de calor de la sonda y proceder a la toma de lectura. La figura de la sonda de contacto se muestra en la siguiente figura.

Figura 56. **Sonda de contacto para temperatura**



Fuente: Fluke Corporation. *Manual de uso, Thermal Imagers Ti10, Ti25, TiR and TiR1.*

[http://www.fluke.com/fluke/uses/Termometros/Fluke-568-566.htm?PID=56090.](http://www.fluke.com/fluke/uses/Termometros/Fluke-568-566.htm?PID=56090)

Consulta: marzo de 2013.

Con las presiones de operación en las trampas de vapor, es difícil conocer las mismas; ya que en la instalación de los dispositivos no se posee un manómetro en la entrada y salida de los dispositivos que sean capaces de medir la presión en el momento de la operación con vapor, por lo que; es necesario apoyarse en los manuales técnicos de cada modelo de trampa de vapor y los niveles de trabajo permisibles de presión de vapor.

2.4.1.2.1. Cálculo de temperaturas permisibles

Según el modelo de la trampa de vapor, tipo de trampa y materiales que constituyen la estructura; se tienen las temperaturas máximas permisibles de trabajo, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XIII. Temperaturas permisibles en trampas de vapor

MARCA	MODELO	TIPO DE TRAMPA	TEMPERATURA PERMISIBLE (°C)
Spirax Sarco	TD-52	termodinámica de disco	427°C
Worcester	WTD-52	termodinámica de disco	400°C
Spirax Sarco	BPT-13SX;G	termostática de presión balanceada	260°C
Spirax Sarco	B-1H	balde invertido	232°C
RIFOX	PN 15/13	flotador y termostato	350°C
RIFOX	PN 16/25	flotador y termostato	300°C
Spirax Sarco	BF 072793	flotador y termostato	250°C
Spirax Sarco	FT-43-10	flotador y termostato	220°C
Spirax Sarco	FT-125	flotador y termostato	260°C
Spirax Sarco	FT-14	flotador y termostato	250°C
Gestra	UNA 23	flotador y termostato	300°C
Gestra	UNA 23 Duplex	flotador y termostato	325°C
Douglas	GE CF8M	flotador y termostato	410°C

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1.2.2. Cálculo de presiones permisibles

Debido a que todas las trampas instaladas en la empresa no poseen manómetros en la línea de vapor de presión a la entrada y salida de las trampas que permitan la lectura de dichas presiones, se posee información de los manuales técnicos de cada modelo de trampa en cuanto a presión máxima permisible de trabajo, la siguiente tabla muestra las presiones a las que pueden ser sometidas las trampas de vapor.

Tabla XIV. Presiones permisibles en trampas de vapor

MARCA	MODELO	TIPO DE TRAMPA	PRESIÓN PERMISIBLE (bar)
Spirax Sarco	TD-52	termodinámica de disco	42 bar
Worcester	WTD-52	termodinámica de disco	42 bar
Spirax Sarco	BPT-13SX;G	termostática de presión balanceada	16 bar
Spirax Sarco	B-1H	balde invertido	17 bar
RIFOX	PN 15/13	flotador y termostato	11 bar
RIFOX	PN 16/25	flotador y termostato	11 bar
Spirax Sarco	BF 072793	flotador y termostato	45 bar
Spirax Sarco	FT-43-10	flotador y termostato	10 bar
Spirax Sarco	FT-125	flotador y termostato	125 bar
Spirax Sarco	FT-14	flotador y termostato	16 bar
Gestra	UNA 23	flotador y termostato	16 bar
Gestra	UNA 23 Duplex	flotador y termostato	16 bar
Douglas	GE CF8M	flotador y termostato	50 bar

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1.2.3. Cálculo de temperaturas máximas y mínimas

Estas lecturas de temperatura son tomadas con la pistola de temperatura y la sonda de contacto, verificando con los dos dispositivos la exactitud de temperatura en operación de la maquinaria, poseen diferentes lecturas; ya que, son tomadas en distintas condiciones de trabajo; la tabla muestra las temperaturas máximas y mínimas en condiciones de operación.

Tabla XV. **Temperaturas máximas y mínimas en trampas de vapor**

MARCA	MODELO	TIPO DE TRAMPA	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)
Spirax Sarco	TD-52	termodinámica de disco	160°C	93°C
Worcester	WTD-52	termodinámica de disco	125°C	90°C
Spirax Sarco	BPT-13SX;G	termostática de presión balanceada	100°C	85°C
Spirax Sarco	B-1H	balde invertido	134°C	95°C
RIFOX	PN 15/13	flotador y termostato	107°C	80°C
RIFOX	PN 16/25	flotador y termostato	70°C	61°C
Spirax Sarco	BF 072793	flotador y termostato	86°C	80°C
Spirax Sarco	FT-43-10	flotador y termostato	120°C	100°C
Spirax Sarco	FT-125	flotador y termostato	130°C	115°C
Spirax Sarco	FT-14	flotador y termostato	140°C	95°C
Gestra	UNA 23	flotador y termostato	55°C	52°C
Gestra	UNA 23 Duplex	flotador y termostato	115°C	90°C
Douglas	GE CF8M	flotador y termostato	160°C	120°C

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1.2.4. Cálculo de temperaturas promedio

Las temperaturas promedio son calculadas por medio de las presiones máximas y mínimas de las trampas de vapor, con lo cual se establece un parámetro de temperatura en el interior de la trampa en funcionamiento; dando una idea de la temperatura de condensado dentro de la misma, la siguiente tabla muestra las temperaturas promedio para los distintos tipos y modelos de trampas de vapor.

Tabla XVI. Temperaturas promedio en trampas de vapor

MARCA	MODELO	TIPO DE TRAMPA	TEMPERATURA PROMEDIO (°c)
Spirax Sarco	TD-52	termodinámica de disco	126,50°C
Worcester	WTD-52	termodinámica de disco	107,50°C
Spirax Sarco	BPT-13SX;G	termostática de presión balanceada	92,50°C
Spirax Sarco	B-1H	balde invertido	114,50°C
RIFOX	PN 15/13	flotador y termostato	93,50°C
RIFOX	PN 16/25	flotador y termostato	65,50°C
Spirax Sarco	BF 072793	flotador y termostato	83°C
Spirax Sarco	FT-43-10	flotador y termostato	110°C
Spirax Sarco	FT-125	flotador y termostato	112,50°C
Spirax Sarco	FT-14	flotador y termostato	117,50°C
Gestra	UNA 23	flotador y termostato	53,50°C
Gestra	UNA 23 Duplex	flotador y termostato	102,50°C
Douglas	GE CF8M	flotador y termostato	140°C

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1.2.5. Cálculo presiones máximas y mínimas

Las presiones en las trampas son variadas, cuando se encuentra en operación la maquinaria pueden sufrir golpes de ariete, que son los que comúnmente afectan algunos tipos de trampas, las presiones máximas y mínimas de las trampas de vapor se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XVII. Presiones máximas y mínimas en trampas de vapor

MARCA	MODELO	TIPO DE TRAMPA	PRESIÓN MÁXIMA (bar)	PRESIÓN MÍNIMA (bar)
Spirax Sarco	TD-52	termodinámica de disco	42 bar	3 bar
Worcester	WTD-52	termodinámica de disco	42 bar	0 bar
Spirax Sarco	BPT-13SX;G	termostática de presión balanceada	13 bar	0 bar
Spirax Sarco	B-1H	balde invertido	17 bar	5 bar
RIFOX	PN 15/13	flotador y termostato	16 bar	3 bar
RIFOX	PN 16/25	flotador y termostato	16 bar	5 bar
Spirax Sarco	BF 072793	flotador y termostato	45 bar	0 bar
Spirax Sarco	FT-43-10	flotador y termostato	10 bar	0 bar
Spirax Sarco	FT-125	flotador y termostato	125 bar	5 bar
Spirax Sarco	FT-14	flotador y termostato	14 bar	0 bar
Gestra	UNA 23	flotador y termostato	9.6 bar	0 bar
Gestra	UNA 23 Duplex	flotador y termostato	9.6 bar	0 bar
Douglas	GE CF8M	flotador y termostato	40 bar	10 bar

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.1.2.6. Cálculo de presiones promedio

El promedio de la presiones es calculado atreves de las presiones máximas y mínimas de operación de las trampas de vapor, las presiones obtenidas son datos de presión interna del dispositivo térmico. La siguiente tabla muestra las presiones promedio calculadas.

Tabla XVIII. Presiones promedio en trampas de vapor

MARCA	MODELO	TIPO DE TRAMPA	PRESIÓN PROMEDIO (bar)
Spirax Sarco	TD-52	termodinámica de disco	22.5 bar
Worcester	WTD-52	termodinámica de disco	21 bar
Spirax Sarco	BPT-13SX;G	termostática de presión balanceada	6.5 bar
Spirax Sarco	B-1H	balde invertido	11 bar
RIFOX	PN 15/13	flotador y termostato	9.5 bar
RIFOX	PN 16/25	flotador y termostato	10.5 bar
Spirax Sarco	BF 072793	flotador y termostato	22.5 bar
Spirax Sarco	FT-43-10	flotador y termostato	5 bar
Spirax Sarco	FT-125	flotador y termostato	65 bar
Spirax Sarco	FT-14	flotador y termostato	7 bar
Gestra	UNA 23	flotador y termostato	4.8 bar
Gestra	UNA 23 Duplex	flotador y termostato	4.8 bar
Douglas	GE CF8M	flotador y termostato	25 bar

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.2. Cálculo de la eficiencia en las trampas de vapor

Es importante decir que un alto porcentaje de trampas de vapor en Textisur sufren pérdidas de calor, fugas, suciedad y problemas internos graves por corrosión; para el cálculo de la eficiencia en las trampas de vapor se tomaron algunos dispositivos en mal estado verificando previamente con la cámara termográfica y la pistola de temperatura, con el fin de encontrar el estado actual de las trampas sondeadas.

La trampa de vapor tiene como función básica eliminar condensados, como cualidades adicionales elimina aire y otros gases no condensables como el bióxido que causan corrosión, además de prevenir pérdidas de vapor. Cuando el vapor deja la caldera cede su energía a cualquier superficie de menor temperatura haciendo que el vapor se condense y se convierta en agua, regularmente a la misma temperatura. La combinación de agua y vapor afecta el flujo de calor haciéndolo menor, encontrando así problemas en la línea de distribución afectando a los purgadores a su paso.

La eficiencia viene determinada por la relación entre las presiones promedio y las presiones permisibles de los tipos de trampas de vapor según la identidad:

$$\text{eficiencia}_{tv} = \left(\frac{\text{presión promedio}}{\text{presión permisible}} \right) * 100$$

La siguiente tabla muestra los cálculos para las eficiencias en los diferentes modelos de trampas de vapor, en donde se hace referencia a los intervalos aceptables de eficiencia por medio de presión según los siguientes parámetros:

- Eficiencia en trampa de vapor según presión de operación:

0 % - 25 % = mala

25 % - 50 % = deficiente

50 % - 75 % = aceptable

75 % - 100 % = excelente

Tabla XIX. **Eficiencias en trampas de vapor**

MODELO	TIPO DE TRAMPA	PRESIÓN PERMISIBLE (bar)	PRESIÓN PROMEDIO (bar)	EFICIENCIA (%)
TD-52	termodinámica de disco	42	22.5	54
WTD-52	termodinámica de disco	42	21	50
BPT-13SX;G	termostática de presión balanceada	16	6.5	41
B-1H	balde invertido	17	11	65
PN 15/13	flotador y termostato	11	9.5	86
PN 16/25	flotador y termostato	11	10.5	95
BF 072793	flotador y termostato	45	22.5	50
FT-43-10	flotador y termostato	10	5	50
FT-125	flotador y termostato	125	65	52
FT-14	flotador y termostato	16	7	44
UNA 23	flotador y termostato	16	4.8	30
UNA 23 Duplex	flotador y termostato	16	4.8	30
GE CF8M	flotador y termostato	50	25	50

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Según tabla anterior solo dos trampas de vapor de tipo flotador y termostato, la PN 15/13 y la PN 16/25; se encuentran en condiciones aceptables de operación.

2.4.2.1. Por pérdida mínima de vapor

Las fugas es uno de los problemas más comunes en tanto en las trampas de vapor como en las líneas de vapor, por lo que determinar la manera aproximada del flujo de vapor fugado es de suma importancia; a continuación se presenta una tabla para encontrar por medio del diámetro de fuga la presión de vapor que sufre el dispositivo.

Tabla XX. Fugas de vapor

DIÁMETRO DE FUGA (mm)	PRESIÓN (bar)		
	7	10	20
1,5	5,5	11	13
3	22	35	50
4	40	47	95
5	62	70	135
6	90	120	200
8	190	220	310
Flujo de vapor fugado, kg/h			

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El cálculo por pérdida mínima de vapor en las trampas de vapor por fugas en la línea de vapor en malas condiciones viene dado por la igualdad siguiente:

$$W_{vf} = \frac{\left\{ \left[\frac{(0,8 \times 0,4118 \times \pi)}{4} \right] \times \left(\frac{D}{25,4} \right)^2 \times (P \times 14,502) \times 0,4536 \right\}}{[1,8 \times (T + 273,15)]^{0,5}}$$

Donde

W_{vf} : vapor que se fuga en kilogramo de vapor por segundo

D: diámetro de la línea de vapor en milímetros

P: presión del vapor en la línea en bar

T: temperatura del vapor en la línea en grados centígrados

Para este cálculo se acota la descarga de la trampa a la atmosfera como se muestra en la siguiente figura:

Figura 57. **Descarga de trampa de vapor FT-14 a la atmósfera**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Las trampas que se usaron como piloto son las de tipo flotador y termostato modelos FT-14 y FT 43-10 respectivamente, la eficiencia será medida a través de la comparación de sus gráficas de descarga de condensado (ver anexos) según manual técnico contra el vapor que se fuga en ellas en funcionamiento. Los datos de las trampas de vapor para encontrar la eficiencia se detallan a continuación:

- Para trampa de vapor de flote termostático FT-14

W_{vf} : vapor que se fuga en kilogramo de vapor por segundo

D: 12,7 mm (1/2" de diámetro para modelo FT-14)

P: 7 bar (dato según tabla XXVIII de presiones promedio)

T: 117,50 °C (dato según tabla XVI de temperaturas promedio)

$$W_{vf} = \frac{\left\{ \left[\frac{(0,8 \times 0,4118 \times \pi)}{4} \right] \times \left(\frac{12,7 \text{ mm}}{25,4} \right)^2 \times (7 \text{ bar} \times 14,502) \times 0,4536 \right\}}{[1,8 \times (117,50 \text{ °C} + 273,15)]^{0,5}}$$

$$W_{vf} = \frac{2,9786}{26,517} = 0,11233 \text{ kg/s} \times 3\,600 \text{ s/1h}$$

$$W_{vf} \cong 404,38 \text{ kg/h}$$

Por lo que el vapor que se fuga para la trampa de vapor FT-14 es aproximadamente 404,38 kg/h.

- Para trampa de vapor de flote termostático FT 43-10

W_{vf} : vapor que se fuga en kilogramo de vapor por segundo

D: 50,8 mm(2" de diámetro para modelo FT 43-10)

P: 5 bar (dato según tabla XXVIII de presiones promedio)

T: 110 °C (dato según tabla XVI de temperaturas promedio)

$$W_{vf} = \frac{\left\{ \left[\frac{(0,8 \times 0,4118 \times \pi)}{4} \right] \times \left(\frac{50,8 \text{ mm}}{25,4} \right)^2 \times (5 \text{ bar} \times 14,502) \times 0,4536 \right\}}{[1,8 \times (110 \text{ °C} + 273,15)]^{0,5}}$$

$$W_{vf} = \frac{34,041}{26,262} = 1,2962 \text{ kg/s} \times 3\,600 \text{ s/h}$$

$$W_{vf} \cong 4\,666,32 \text{ kg/h}$$

Por lo que el vapor que se fuga para la trampa de vapor FT 43-10 es aproximadamente 4 666,32 kg/h. Comparando los datos obtenidos del vapor que se fuga para los dos modelos de trampa, con la descarga de condensado en los modelos de trampa de vapor según las gráficas de capacidades de condensado que se muestran en el anexo, se obtienen los siguientes datos de descarga contemplando la presión, el tipo de trampa y diámetro nominal en tubería de vapor:

- Condensado en kilogramos de vapor por hora trampa de vapor FT-14:

D: ½" (12,7 mm)

P: 7 bar

*Condensado = 240 kg/h

*Según tabla de condensado de trampa a flotador para vapor Spirax Sarco FT-14 (ver anexos).

404,38 kg/h > 240 kg/h

- Condensado en kilogramos de vapor por hora trampa de vapor FT 43-10:
D: 2" (50,8 mm)
P: 5 bar

*Condensado = 11 000 kg/h

*Según tabla de condensado de trampa a flotador para vapor Spirax Sarco FT 14-10 (ver anexos)

11 000 kg/h > 4 666,32 kg/h

Por lo que la eficiencia de la trampa de vapor modelo FT-14, no es la adecuada, ya que presenta fuga de condensado, presentando así una falla de tipo abierta; que se describe más adelante. Mientras que la trampa de vapor modelo FT 43-10 presenta una falla cerrada, ya que el condensado de la trampa es mucho menor al condensado que debería presentar a tales condiciones.

2.4.2.2. Por larga vida y servicio seguro

La eficiencia en las trampas de vapor dependen también del desgaste que sufren por condiciones de uso y operación, por lo general el desgaste en las trampas es mínimo. Por lo que su vida útil llega a ser en el peor de los casos de 4 a 5 años, teniendo una vida promedio entre los 7 y 8 años a excepción de las trampas de vapor termodinámicas que llegan a fallar en un lapso de 1 a 2 años según el fabricante y calidad del material.

La siguiente tabla muestra la vida útil de operación de las trampas que se encuentran en la empresa, destacando las trampas de vapor de flotador y termostato con mayor vida en operación debido a que estas pueden intercambiar sus partes internas y quedar de nuevo en la línea de vapor.

Tabla XXI. Vida útil en modelos de trampas de vapor utilizadas en Textisur

MARCA	MODELO	TIPO DE TRAMPA	VIDA DE OPERACIÓN ÚTIL (años)
Spirax Sarco	TD-52	termodinámica de disco	Entre 1 y 2
Worcester	WTD-52	termodinámica de disco	Entre 1 y 1/2
Spirax Sarco	BPT-13SX;G	termostática de presión balanceada	Entre 1 y 1/2
Spirax Sarco	B-1H	balde invertido	Entre 5 y 8
RIFOX	PN 15/13	flotador y termostato	Entre 6 y 8
RIFOX	PN 16/25	flotador y termostato	Entre 6 y 8
Spirax Sarco	BF 072793	flotador y termostato	Entre 7 y 8
Spirax Sarco	FT-43-10	flotador y termostato	Entre 7 y 8
Spirax Sarco	FT-125	flotador y termostato	Entre 7 y 8
Spirax Sarco	FT-14	flotador y termostato	Entre 7 y 8
Gestra	UNA 23	flotador y termostato	Entre 6 y 8
Gestra	UNA 23 Duplex	flotador y termostato	Entre 6 y 8
Douglas	GE CF8M	flotador y termostato	Entre 7 y 10

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.2.3. Por resistencia a la corrosión

En la formación de sarro y corrosión existen dos causas principales que afectan la eficiencia de las trampas de vapor como lo es el bióxido de carbono (CO_2) y el oxígeno. Esto sucede cuando el bióxido de carbono (CO_2) entra en el sistema en los carbonatos que se encuentran disueltos en el agua de alimentación, cuando se mezcla con el condensado enfriado se produce ácido carbónico (H_2CO_3) que es extremadamente corrosivo y puede comerse no solo la trampa de vapor, en casos graves las tuberías y los intercambiadores de calor.

Se remueve una trampa de vapor de balde invertido de la línea que se dirige al tanque de condensado del área de Calderas de Vapor de la empresa, encontrándose en mal estado debido a que el oxígeno se compenetro en el sistema con un gas disuelto en el agua de alimentación, esto hace más grave aún el efecto del ácido carbónico (H_2CO_3), que incrementa la corrosión y pica la superficie de hierro y acero, sufriendo el material una quebradura por fractura que se muestra en la siguiente figura.

Figura 58. **Falla por fractura debida a corrosión en trampa de vapor de balde invertido B-1H**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.2.4. Por venteo del aire

Los venteos de aire son de suma importancia en el desempeño de las trampas de vapor cuando la configuración del equipo ocasione la acumulación de aire o cuando la capacidad de venteo de aire en la trampa de vapor es insuficiente como en la figura que se muestra, donde en el arranque; la trampa modelo BF de Spirax Sarco fue removida a causa de poseer insuficiencias en el venteo debido al mecanismo que posee.

Figura 59. **Falla en trampa de vapor modelo BF Spirax Sarco por insuficiencia de venteo de aire**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El venteo de aire en trampas termostáticas de presión balanceada es necesario en las áreas de presión cercanas a la caldera en donde el aire es empujado durante el arranque de la misma.

2.4.2.5. Por venteo del bióxido de carbono CO₂

Si se ventea el bióxido de carbono (CO₂) de la trampa de vapor, se evita la formación del ácido carbónico (H₂CO₃) en temperatura de vapor y por ende la corrosión en la misma. La eficiencia de la trampa de vapor se condiciona en la operación de temperatura igual, o bastante cerca; a la temperatura del vapor, ya que el bióxido de carbono (CO₂) se disuelve en condensado que se enfría a una temperatura mucho menor que la del vapor mismo.

La siguiente figura muestra una trampa de balde invertido modelo B-1H, marca Spirax Sarco, aplicando en ese momento vapor vivo; encontrando corrosión en la boquilla de salida provocando falla abierta, debido a que no posee un eficiente venteo del bióxido de carbono (CO₂).

Figura 60. **Falla en trampa de vapor modelo B-1H Spirax Sarco por insuficiencia de venteo de bióxido de carbono (CO₂)**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.2.6. Por funcionamiento con contrapresión

La contrapresión en trampas de vapor se presenta en la presión justo después de la misma trampa, en otras palabras; la contrapresión es la presión de salida o secundaria de la trampa, la diferencia entre la presión de entrada (primaria) de la trampa y la contrapresión es la presión diferencial de la operación.

Si el condensado atraviesa una trayectoria de tubería con cambios en ella, este encuentra resistencia que afecta el flujo y la contrapresión, como se muestra en la figura.

Figura 61. **Condensado descargado a la atmosfera con cambios en tubería**



Fuente: Compañía Especialista en Vapor TLV. *Problemas de Trampeo*.
<http://www.tlv.com/global/LA/>. Consulta: marzo de 2013.

El mal diseño de las líneas de retorno afecta la eficiencia en la trampa de vapor termodinámica de disco modelo TD-52 marca Spirax Sarco, que se muestra en la siguiente figura; este modelo de trampa debe de funcionar aun cuando exista contrapresión en la tubería sin embargo presenta deficiencia.

Figura 62. **Falla en trampa de vapor termodinámica de disco modelo TD-52 por contrapresión**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.4.2.7. Por problemas de suciedad

De los datos obtenidos en la empresa el 40 % de las trampas instaladas fallarán dentro del primer año de uso por suciedad, debido a que el producto textil genera demasiada mota y pelusa, que al mezclarse con diferentes partículas sólidas forman sarro en las tuberías y en los niveles bajos del sistema de vapor.

La siguiente figura muestra una trampa de cubeta invertida que salió de la línea de vapor por suciedad.

Figura 63. **Falla en trampa de vapor de cubeta invertida por suciedad**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.5. Análisis por medio de termografía infrarroja para las trampas de vapor

La termografía infrarroja en el área de Mantenimiento presenta grandes ventajas comparativas inigualables, quizá el ensayo no destructivo más divulgado y exitoso en los últimos años. Se complementa idealmente en el diagnóstico y análisis de fallas de elementos mecánicos en plena operación.

La empresa cuenta con este tipo de ensayo para controlar, analizar y diagnosticar fallas en cualquier dispositivo de maquinaria que necesite ser monitoreado; tanto así que se hacen inspecciones no solo mecánicas, si no también, eléctricas, aire acondicionado, neumática y otros campos del mantenimiento. En cuanto al mantenimiento predictivo y proactivo ambos en base a monitoreo de condición para trampas de vapor, se hacen inspecciones cada seis meses en la empresa; encontrando siempre dispositivos con algún tipo de falla, principalmente se evalúa en la trampa de vapor:

- Temperatura en la entrada de la línea de vapor para la trampa.
- Temperatura a la salida de la línea de condensado para la trampa.
- Color emitido por la cámara termográfica infrarroja respecto al vapor.
- Color emitido por la cámara termográfica infrarroja respecto al condensado.

Este análisis de trampas de vapor es exigido y evaluado por el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (P+L), dando así prioridad a este tipo de ensayo no destructivo.

2.5.1. Aplicación de termografía en las trampas de vapor

La aplicación de la termografía infrarroja se traduce en disminución de costos de mantenimiento, disminución al mínimo de posibles reparaciones diarias, las cuales son siempre muy costosas. También reduce los costos por disminución de *stock* de repuestos y por mejor control de los proveedores a los cuales se puede reclamar en caso que la disipación de calor no esté conforme a las normas o las expectativas.

La cámara termográfica captura, de manera eficiente y clara, las condiciones de operación; generando la disponibilidad en el software termográfico de conocer las diferentes temperaturas que abarca el campo de la imagen capturada, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 64. **Aplicación de termografía en trampas de vapor**

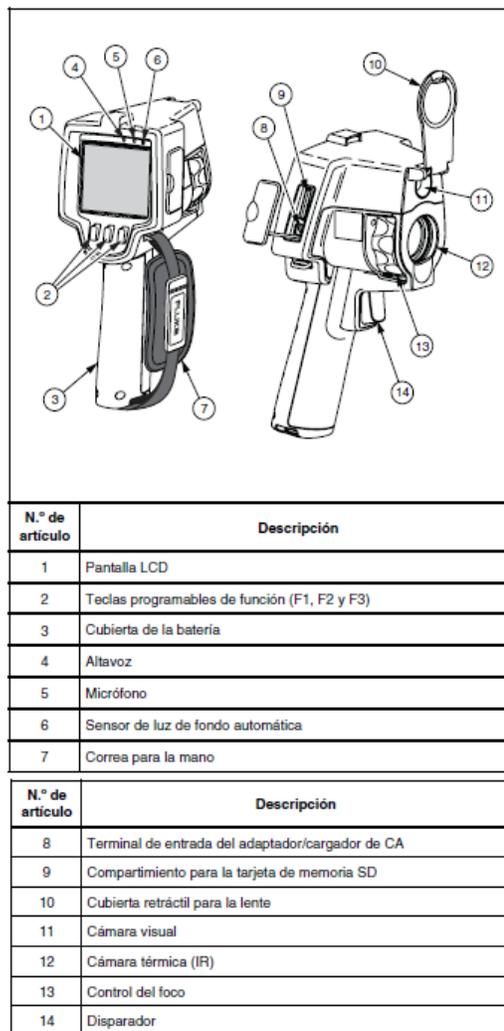


Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.5.1.1. **Cámara termográfica Ti-25**

La cámara termográfica modelo Ti-25 de la marca internacional Fluke, es una cámara manual de procesamiento de imágenes utilizadas para el mantenimiento predictivo, la solución en problemas de equipos como las trampas de vapor; produce imágenes térmicas y visuales que se muestran en la pantalla de 640 por 480 pixeles de resolución visual, la figura de la cámara Ti-25 con las partes se muestra en la siguiente figura.

Figura 65. **Cámara termográfica Fluke Ti-25**



Fuente: Fluke Corporation. *Manual de uso, Thermal Imagers Ti10, Ti25, TiR and TiR1.*

<http://www.fluke.com/fluke/eses/Termograf%C3%ADa/Fluke-Ti25.htm?PID=56723>.

Consulta: marzo de 2013.

La siguiente tabla muestra las especificaciones de fábrica y operación de la cámara termográfica en cuanto a las imágenes y estructura de resolución visual.

Tabla XXII. **Especificación de cámara termográfica Fluke modelo Ti-25**

Medición de temperatura	Rango de temperatura (no calibrada por debajo de -10 °C) -20 °C a +350 °C
Precisión	±2 °C ó 2 % (el que sea mayor)
Campo de visión	23 ° X 17 °
Resolución espacial	2,5 mRad
Distancia mínima de enfoque	lente térmica 15 cm
	lente de luz visible 46 cm
Enfoque	manual
Frecuencia de imagen	9 Hz de velocidad de actualización
Tipo de detector	Arreglo de plano focal de 160 X 120, microbolómetro sin enfriamiento
Tipo de lente infrarrojo	20 mm EFL, lente F/0,8
Sensibilidad térmica	≤0,1 °C a 30 °C (100 mK)
Banda espectral infrarroja	7,5 μm a 14 μm
Cámara visual	640 X 480 de resolución
Paletas	Acero, Azul-Rojo, Alto Contraste, Ámbar, Metal Caliente y Gris
Nivel de alcance	En modo manual 2,5 °C
	En modo automático 5 °C
IR-Fusion (mezcla de una imagen visual con una imagen térmica).	Tres niveles de IR en pantalla mostrados en el centro de 320 X 240 pixeles.

Fuente: Fluke Corporation. *Manual de uso, Thermal Imagers Ti10, Ti25, TiR and TiR1.*

<http://www.fluke.com/fluke/eses/Termograf%C3%ADa/Fluke-Ti25.htm?PID=56723>.

Consulta: marzo de 2013.

2.5.1.2. Emisividad en las trampas de vapor

La mayoría de materiales tienen un valor de emisividad aproximadamente conocido a una temperatura dada, las tomas termográficas de las trampas de vapor tienen una emisividad estándar de 0,95 que significa que 95 % es la temperatura del objeto medido y el 5 % está siendo reflejada por el fondo. La tabla que se muestra a continuación presenta los materiales y las emisividades de los mismos.

Tabla XXIII. Emisividades de materiales

Valores de emisividad de materiales comunes	
Material	Emisividad
Aluminio, pulido	0,05
Aluminio, superficie rugosa	0,07
Aluminio, muy oxidado	0,25
Placa de amianto	0,96
Tela de amianto	0,78
Papel de amianto	0,94
Pizarra de amianto	0,96
Latón, mate, deslustrado	0,22
Latón, pulido	0,03
Ladrillo, común	0,85
Ladrillo, vidriado, basto	0,85
Ladrillo, refractario, basto	0,94
Bronce, poroso, basto	0,55
Bronce, pulido	0,1
Carbono, purificado	0,8
Hierro fundido, fundición esbozada	0,81
Hierro fundido, pulido	0,21
Carbón, en polvo	0,96
Cromo, pulido	0,1
Arcilla, cocida	0,91
Hormigón	0,54
Cobre, pulido	0,01
Cobre, bruñido comercial	0,07
Cobre, oxidado	0,65
Cobre, negro oxidado	0,88
Cinta aislante, plástico negro	0,95
Esmalte **	0,9
Formica	0,93
Terreno congelado	0,93
Vidrio	0,92
Vidrio, escarchado	0,96
Oro, pulido	0,02
Hielo	0,97
Hierro, laminado en caliente	0,77
Hierro, oxidado	0,74
Hierro, chapa galvanizada, bruñido	0,23
Hierro, chapa, galvanizado, oxidado	0,28

*Las emisividades de casi cualquier material se miden a 0 °C pero no difieren significativamente a temperatura ambiente.

**La pintura con acabado en plata se mide a 25 °C y la pintura de esmalte a 27 °C.

Continuación de la tabla XXIII.

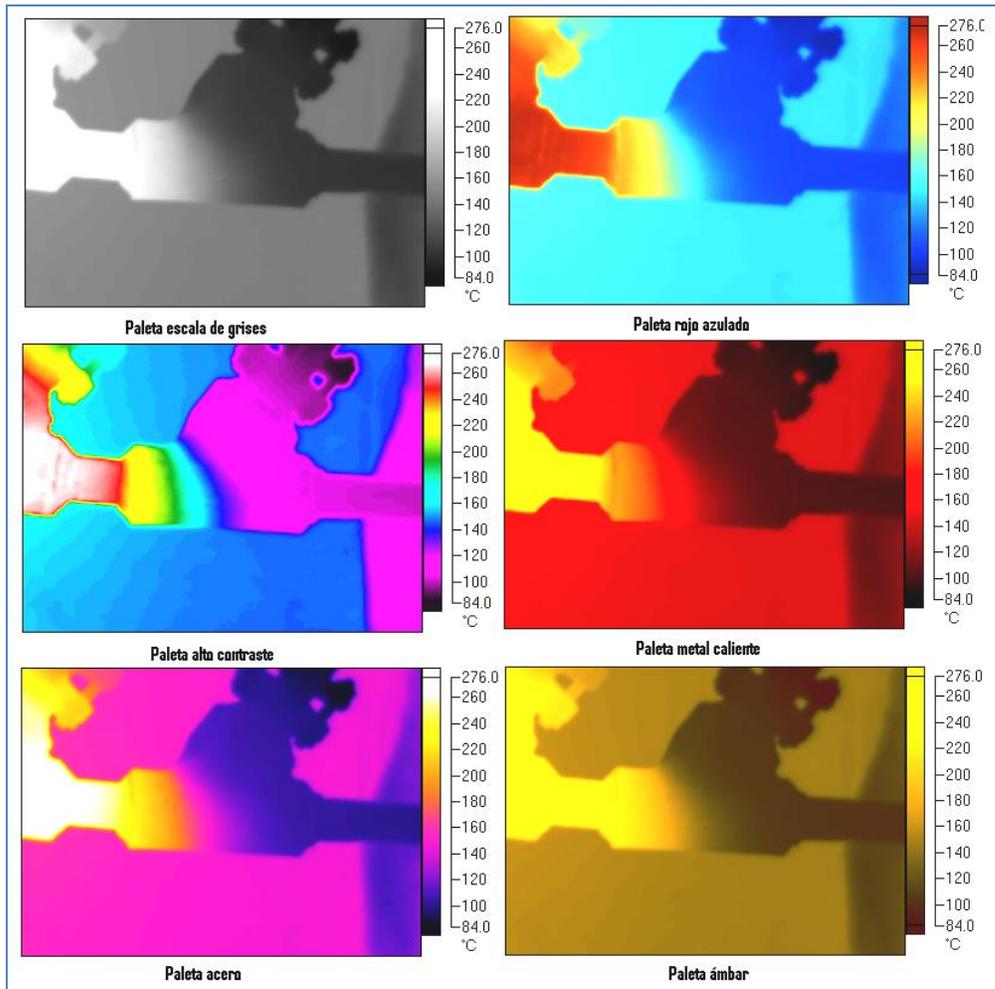
Valores de emisividad de materiales comunes	
<i>Material</i>	<i>*Emisividad</i>
Hierro, brillante, grabado	0,16
Hierro, forjado, pulido	0,28
Barniz, Bakelite	0,93
Barniz, negro, mate	0,97
Barniz, negro, brillante	0,87
Barniz, blanco	0,87
Hollín	0,96
Plomo, gris	0,28
Plomo, oxidado	0,63
Plomo, rojo, en polvo	0,93
Plomo, brillante	0,08
Mercurio, puro	0,1
Níquel, en hierro fundido	0,05
Níquel, puro pulido	0,05
Pintura, acabado en plata**	0,31
Pintura, óleo, media	0,94
Papel, negro, brillante	0,9
Papel, negro, mate	0,94
Papel, blanco	0,9
Platino, puro, pulido	0,08
Porcelana, vidriada	0,92
Cuarzo	0,93
Goma	0,93
Laca, negra, mate	0,91
Laca, negra, brillante	0,82
Nieve	0,8
Acero, galvanizado	0,28
Acero, muy oxidado	0,88
Acero, recién laminado	0,24
Acero, superficie rugosa	0,96
Acero, rojo oxidado	0,69
Acero, chapa, niquelado	0,11
Acero, chapa, laminado	0,56
Papel de alquitrán	0,92
Estaño, bruñido	0,05
Tungsteno	0,05
Agua	0,98
Cinc, chapa	0,2
*Las emisividades de casi cualquier material se miden a 0 °C pero no difieren significativamente a temperatura ambiente.	**La pintura con acabado en plata se mide a 25 °C y la pintura de esmalte a 27 °C.

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.5.1.3. Tipo de paleta para el análisis de trampas de vapor

El menú de paleta proporciona diferentes patrones de visualización térmica. La siguiente figura muestra los tipos de paleta para de la cámara termográfica.

Figura 66. Paletas de visualización térmica



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.5.1.4. Rangos de temperatura para el análisis

Los rangos de temperatura en las trampas de vapor para evaluar si se encuentran en buen estado varían según el fabricante, esto debido a que pueden tener distintas presiones y afectar la temperatura; si se encuentran en mal estado lógicamente no tendrán un margen de temperatura entre la entrada y salida de vapor muy alta, la siguiente tabla muestra los rangos de criticidad de temperatura estándar para evaluar las trampas de vapor en la empresa según datos históricos del Departamento de Mantenimiento.

Tabla XXIV. Rangos de temperatura para análisis de trampas de vapor

DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA DE VAPOR (sobre la referencia o ambiente)	CRITICIDAD DE LA FALLA SEGÚN DIFERENCIA DE TEMPERATURA	OBSERVACIONES
Entre 30 °C y 50 °C	INCIPIENTE	Presenta condiciones favorables de operación en línea de vapor.
Entre 20 °C y 30 °C	PRONUNCIADA	Presenta deficiencias en operación pero puede seguir trabajando.
Entre 5 °C y 20 °C	SEVERA	Necesita limpieza en sus partes internas.
Entre 0 °C y 5 °C	CRÍTICA	La trampa de vapor presenta falla abierta o falla cerrada es recomendable el cambio del equipo.

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

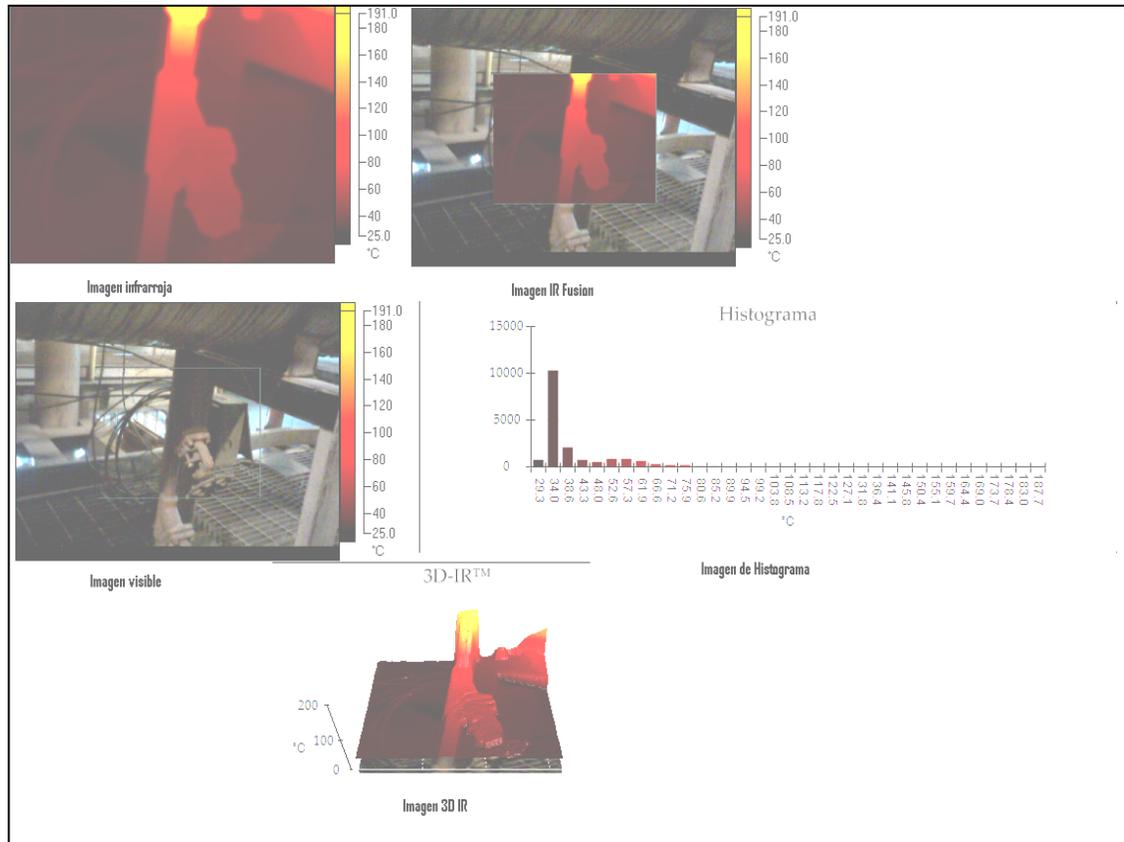
2.5.1.5. Captura de fotografías termográficas

Las imágenes capturas por la cámara poseen una resolución de 640 X 480 pixeles, esto si la imagen es infrarroja e imagen visible; si la imagen es una IR Fusion (Infrared Thermal Imaging Fusion) por las siglas en inglés la resolución cambia al recuadro de 320 X 240 pixeles, creando una mezcla de una imagen visual con una imagen térmica.

La imagen posee del lado derecho la escala de temperatura creada por la emisividad del cuerpo que se captura en el lente, modificada atreves del programa SmartView 2.1 que es un software de análisis e información muy potente y eficiente que permite presentar resultados en histogramas de temperatura e imagen 3D-IR (Infrared Thermal 3-Dimensions), para mejor comprensión del informe termográfico a presentar para diagnóstico.

La siguiente figura muestra las distintas presentaciones de capturas de fotografías termográficas para los elementos para analizar.

Figura 67. **Captura de fotografías e información termográfica**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.5.2. Cámara termográfica en el diagnóstico de fallas

Por medio de la cámara termográfica se conocen con exactitud las temperaturas en la tubería de entrada y salida de vapor para las trampas de vapor, además de tener una imagen de colores reflectados claros para encontrar la falla, sino es por temperatura por color diferente se diagnostica el estado del dispositivo como se muestra en la siguiente figura.

Figura 68. **Diagnóstico de fallas por medio de la cámara termográfica**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.5.2.1. Tipos de falla en las trampas de vapor por medio del análisis termográfico

La trampa de vapor como tal tiene la particularidad de ser enlace entre los sistemas de vapor y de condensados. Existen tres tipos de falla que pueden ser encontradas en las trampas de vapor:

- Falla de posición cerrada, que es notable por el pobre comportamiento del equipo debido a inundaciones con condensado; presentando una diferencia muy pequeña de temperatura entre las tuberías de vapor mostradas por la termografía, esta clase de falla pasa comúnmente desapercibida en las tuberías de vapor si no se cuenta con este tipo de tecnología.

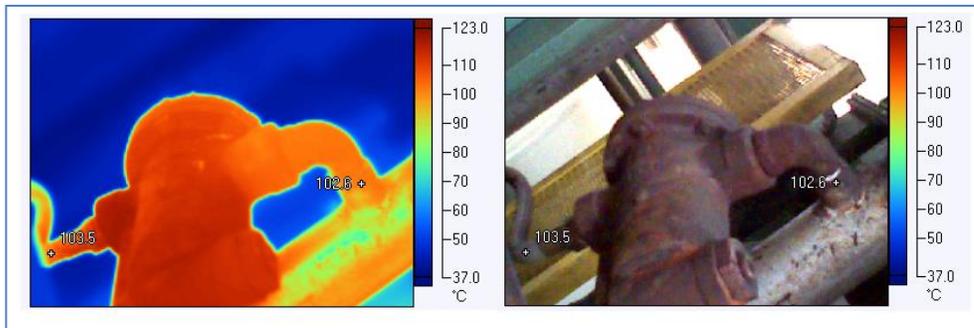
- Falla en la posición abierta, que es causada por pérdidas de vapor vivo, el dispositivo deja pasar vapor a la línea de condensado casi en la totalidad; las trampas frecuentemente descargar a un sistema de retorno de condensados y el vapor vivo que sale por el tanque de almacenamiento puede indicar problemas, es difícil localizar la trampa defectuosa con métodos empíricos, gracias a la termografía infrarroja se detecta fácilmente este tipo de falla.
- Operación deficiente, que son fallas comunes y también la más difícil de identificar y localizar por métodos empíricos; resultando en una pérdida de vapor inminente. Puede ser causada por numerosas razones específicas a cada tipo de trampa y los ejemplos son excesivamente repetitivos, cierre incompleto de válvulas, cierre lento en presencia del vapor, entre otras.

Se da especial énfasis en las fallas de tipo abierta y cerrada, ya que por la criticidad según tabla XXIV dada anteriormente, causan costos altos en el mantenimiento de la empresa como tal.

2.5.2.1.1. Falla abierta

La falla abierta se presenta por el intervalo de temperatura casi igual entre las tuberías de vapor como se muestra en la siguiente figura termográfica en donde la trampa de balde invertido presenta el intervalo $102,6\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 103,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la salida de condensado y la entrada de vapor respectivamente. Como se puede apreciar el color de la paleta anaranjado y rojizo en las tuberías indican el paso inminente de vapor, en donde el mecanismo de cubeta o balde no tiene trabajo.

Figura 69. **Falla abierta en trampa de vapor**

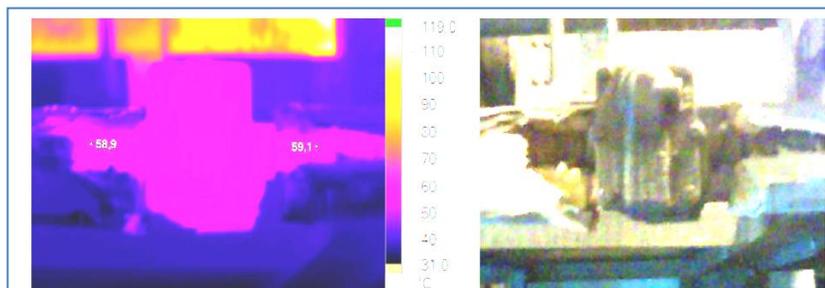


Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.5.2.1.2. **Falla cerrada**

Una falla cerrada se identifica al igual que la falla abierta por el intervalo entre temperaturas de entrada y salida de vapor, la figura muestra la toma termográfica de una trampa termostática de presión equilibrada, inundada de condensado donde el intervalo de temperatura varía en $58,9\text{ °C} \leq T \leq 59,1\text{ °C}$ para la salida del condensado y la entrada de vapor a la trampa de vapor respectivamente.

Figura 70. **Falla cerrada en la trampa de vapor**



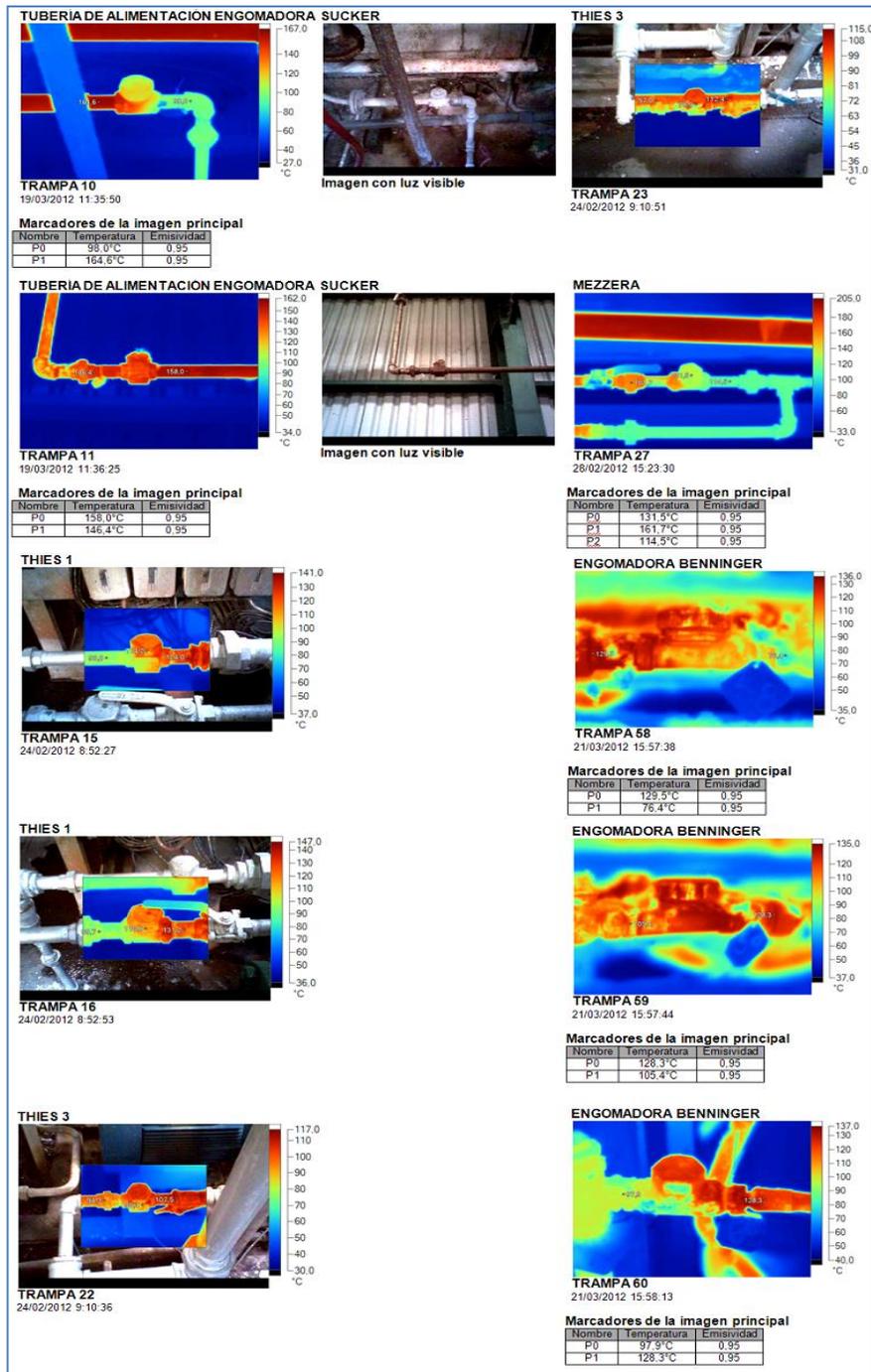
Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.5.2.2. Presentación de resultados de análisis por medio de termografía infrarroja para las trampas de vapor

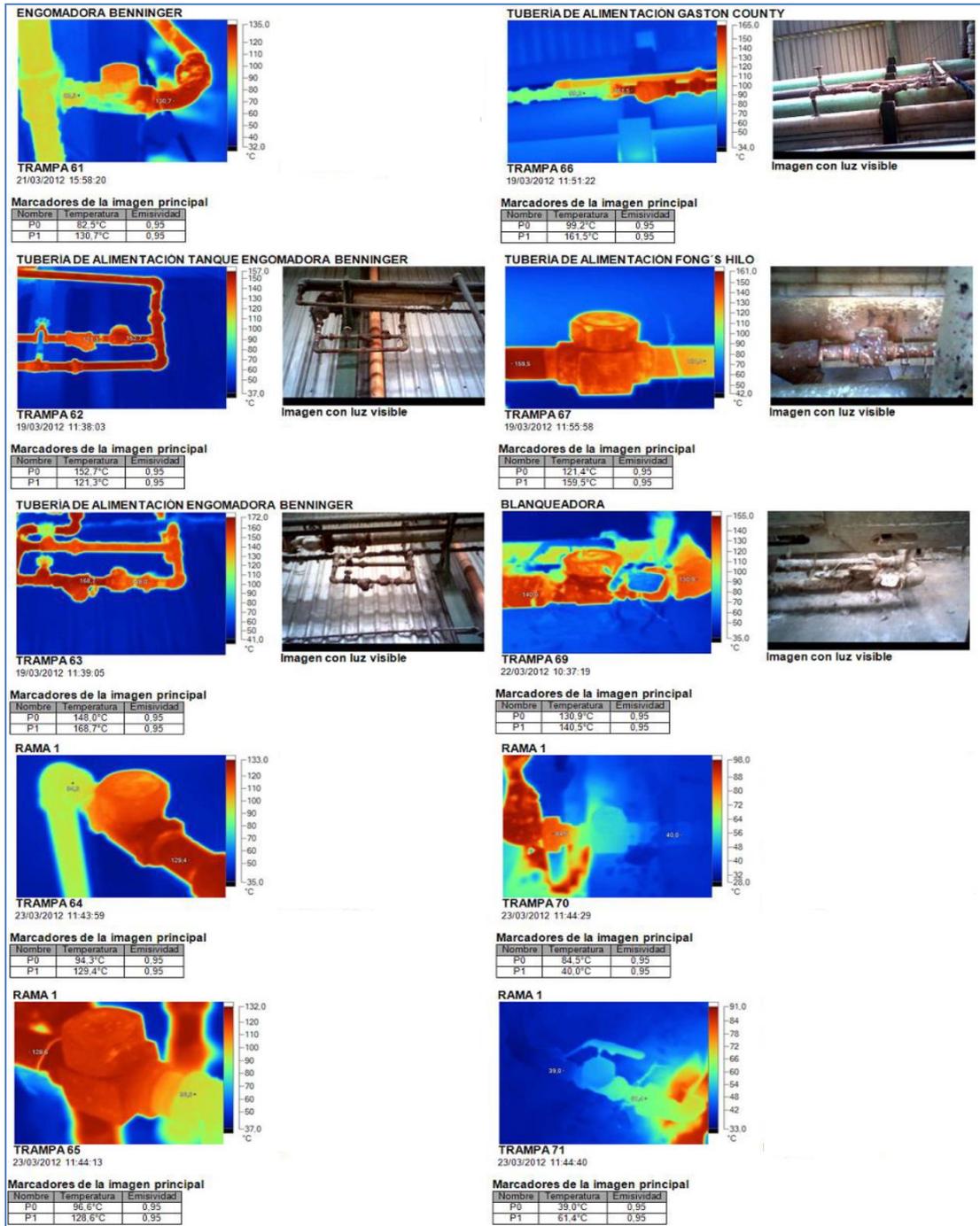
En esta presentación se da a conocer el estado en que se encuentran las trampas de vapor por medio de imágenes termográficas, se puede observar principalmente las temperaturas en operación, la imagen termográfica y la imagen real, escala de temperatura, número de inventario de trampa, ubicación, entre otros aspectos. Algunas tomas termográficas no poseen imagen real; ya que la cámara no posee un dispositivo de *flash* para capturar imágenes con escasez de luz.

Es importante considerar que las temperaturas tomadas en las trampas de vapor se establecen en plena operación, algunas maquinarias según el proceso alcanzan los 130 °C; a temperaturas altas se diagnostica el funcionamiento del dispositivo térmico, ya que la máxima exigencia permite una buena emisividad de calor del mismo. En las siguientes figuras se contemplan todas las tomas termográficas aplicadas a las trampas de vapor antes de algún mantenimiento a las mismas.

Figura 71. Imágenes termográficas de las trampas de vapor termodinámicas de disco



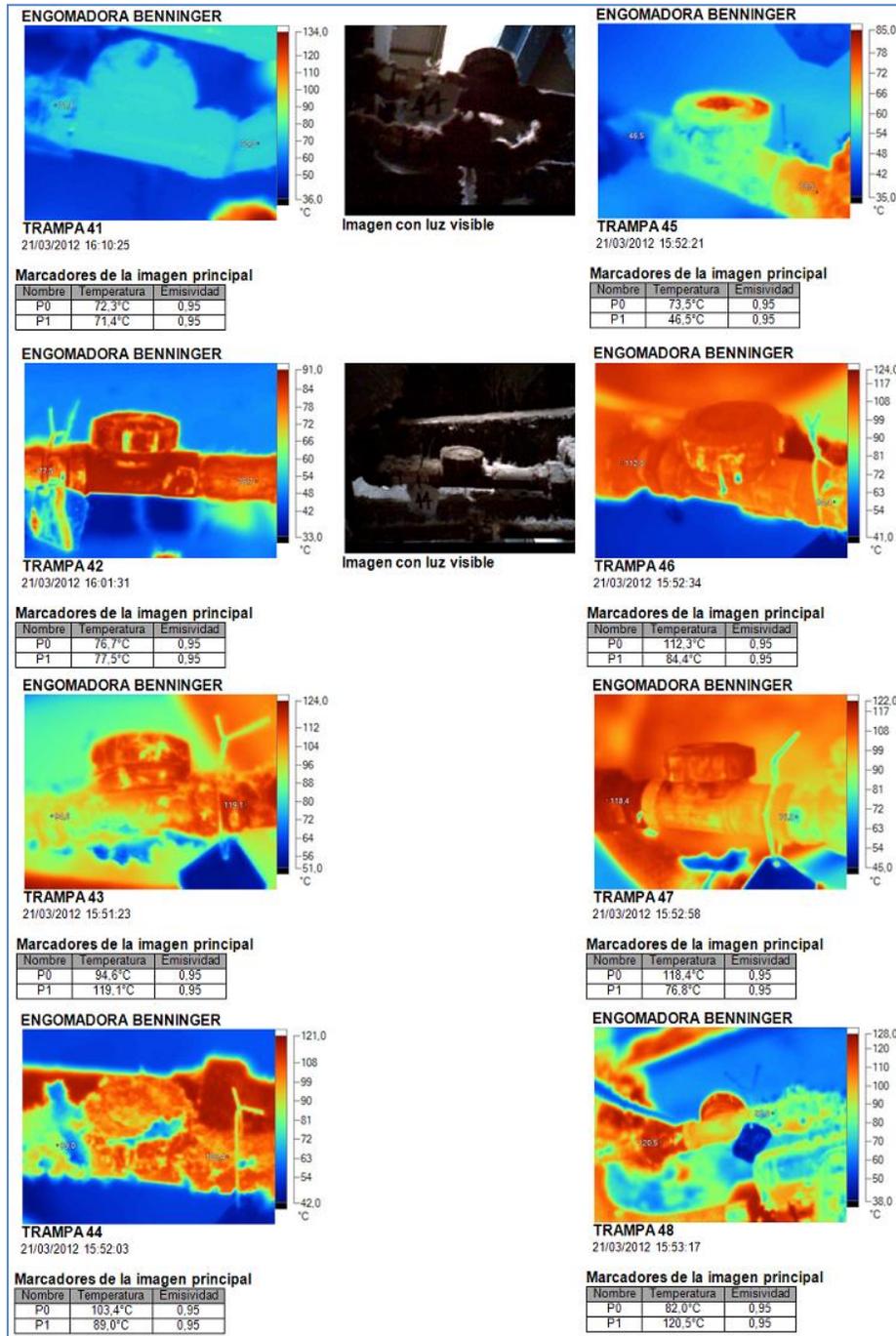
Continuación de la figura 71.



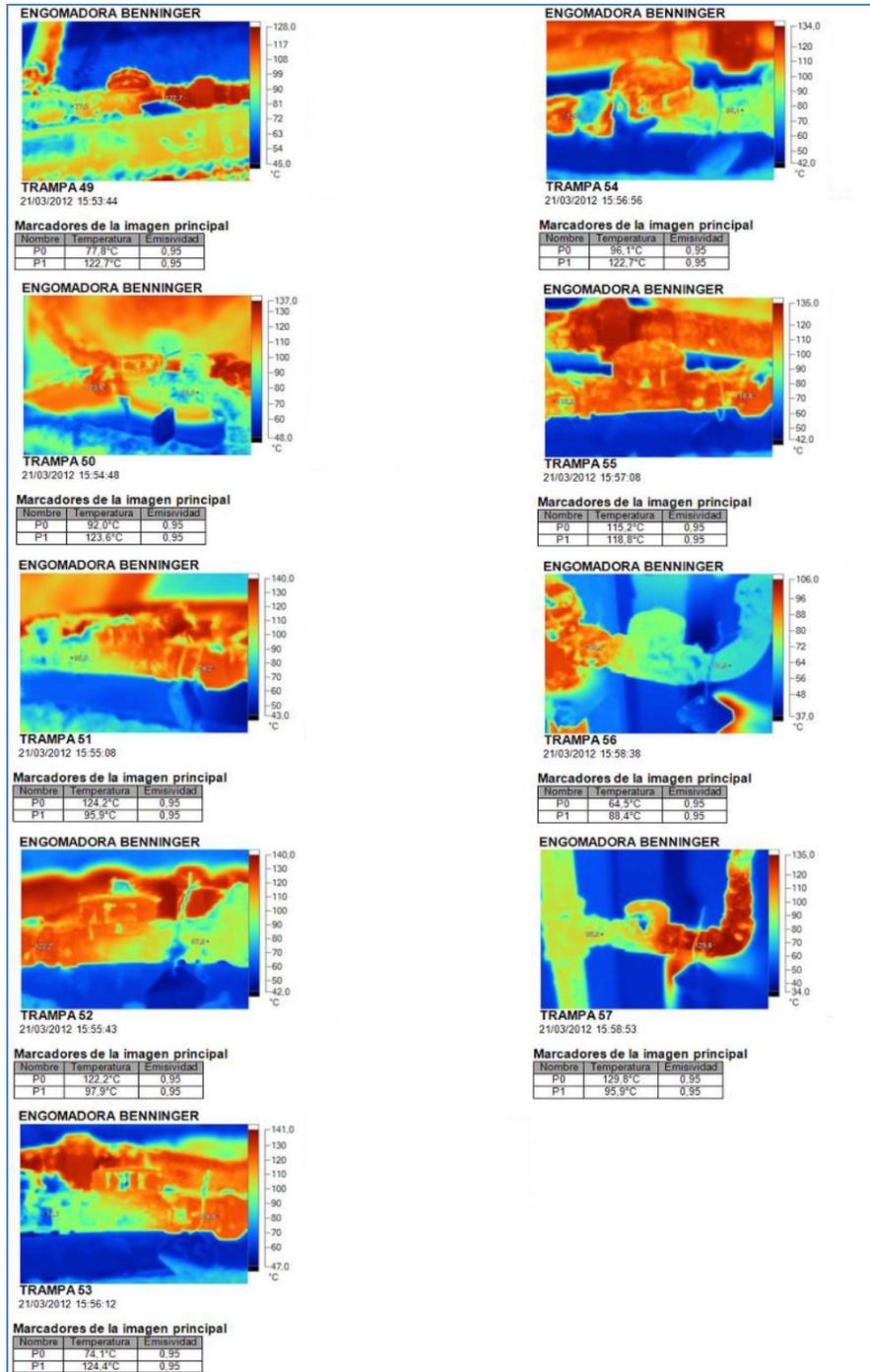
Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Como se puede apreciar en las tomas termográficas a las trampas de vapor de tipo termodinámica de disco, existen fallas de tipo cerrada y abierta; que influyen en el paso de vapor de la tubería de alimentación y condensado de las mismas.

Figura 72. Imágenes termográficas de las trampas de vapor termostáticas de presión balanceada



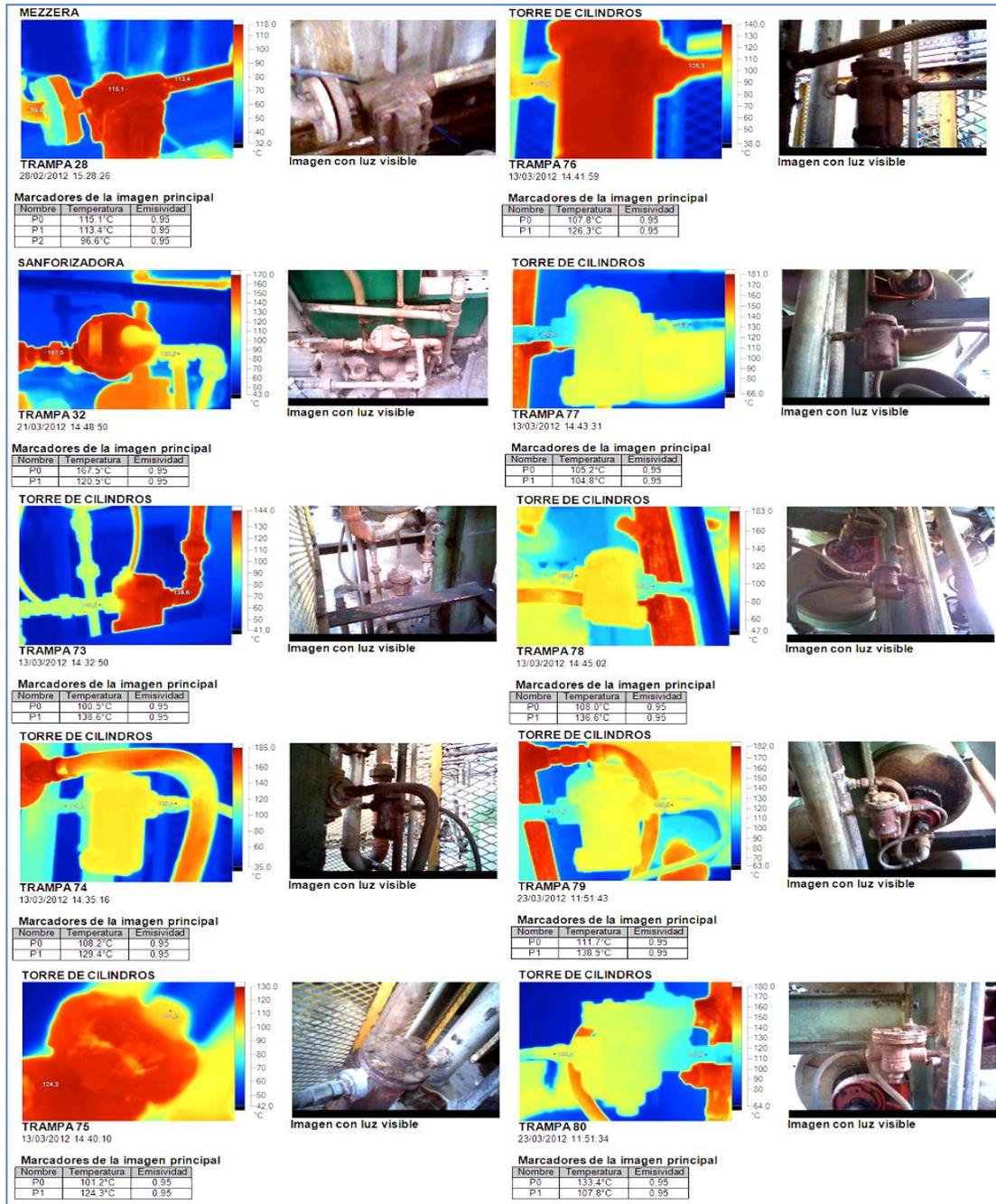
Continuación de la figura 72.



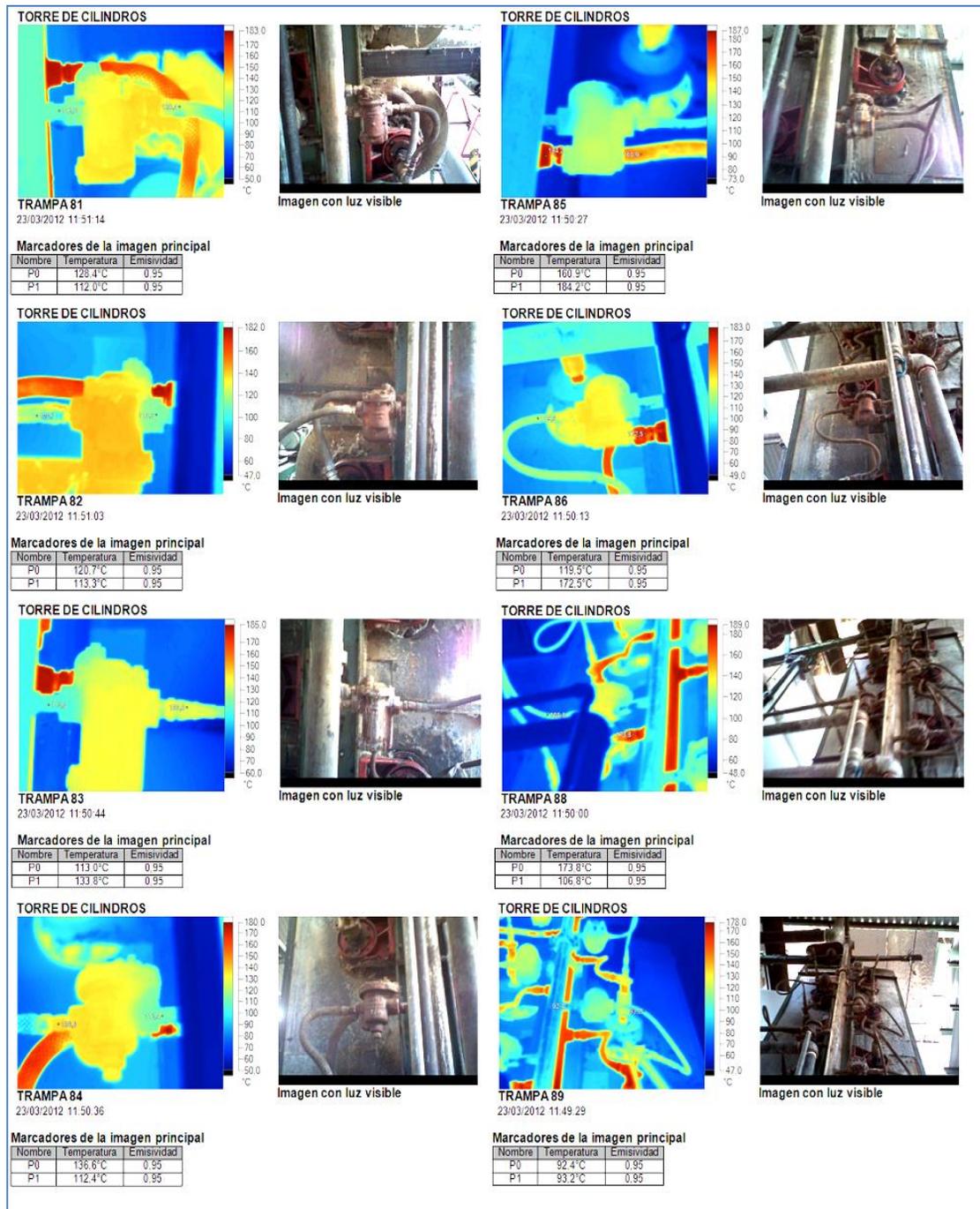
Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

La mayoría de estas trampas se encuentran instaladas en la engomadora Benninger, con lo cual se aprecia en las tomas de las trampas de vapor de tipo termostáticas de presión balanceada que sufren en la mayoría de fallas cerradas, en donde el mecanismo interno de estas trampas se encuentra en posición de cierre y no permite capturar el vapor creando así la condensación del mismo y dirigiéndose a ambos lados de la tubería en donde se encuentran instaladas dichas trampas.

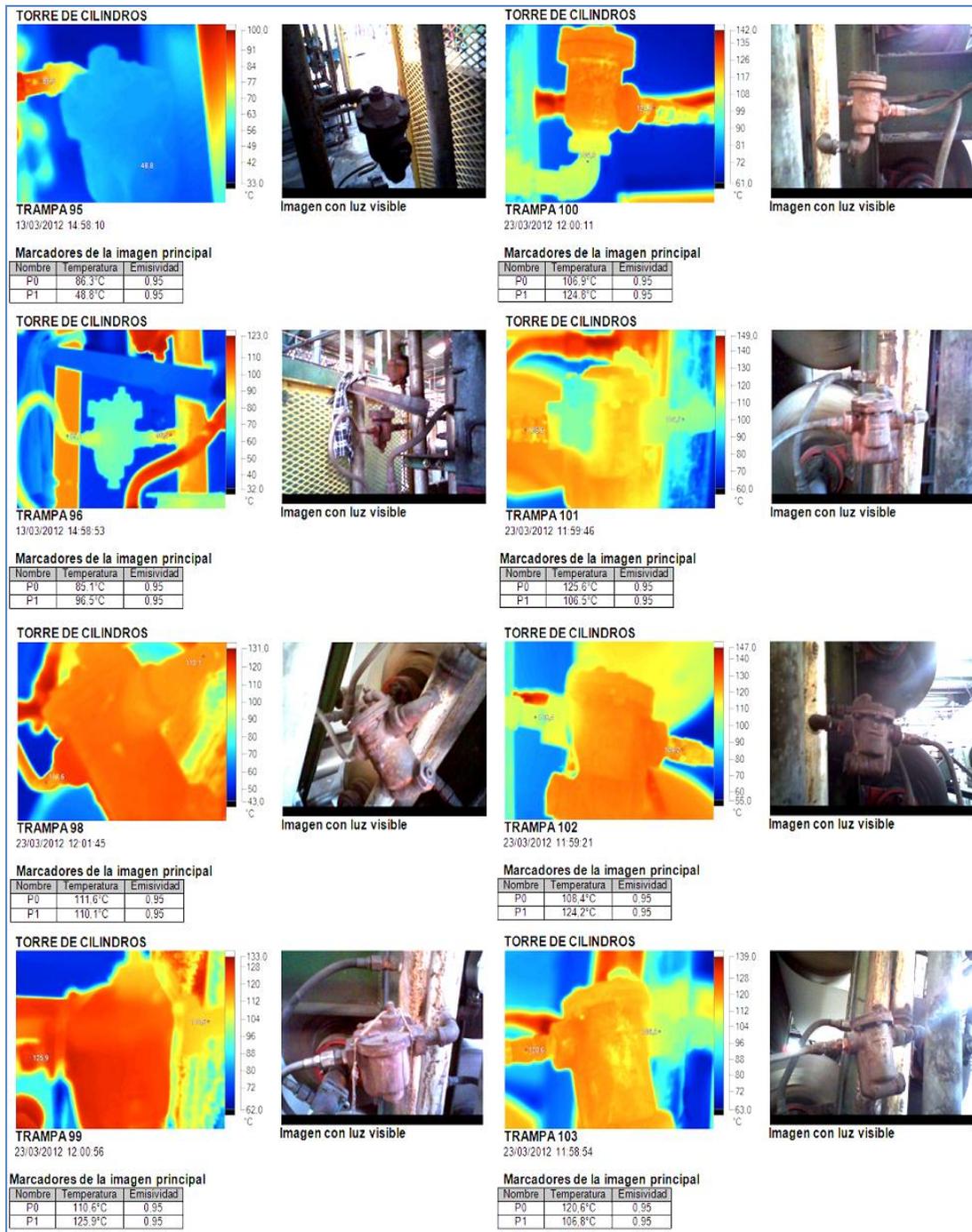
Figura 73. Imágenes termográficas de las trampas de vapor de balde invertido



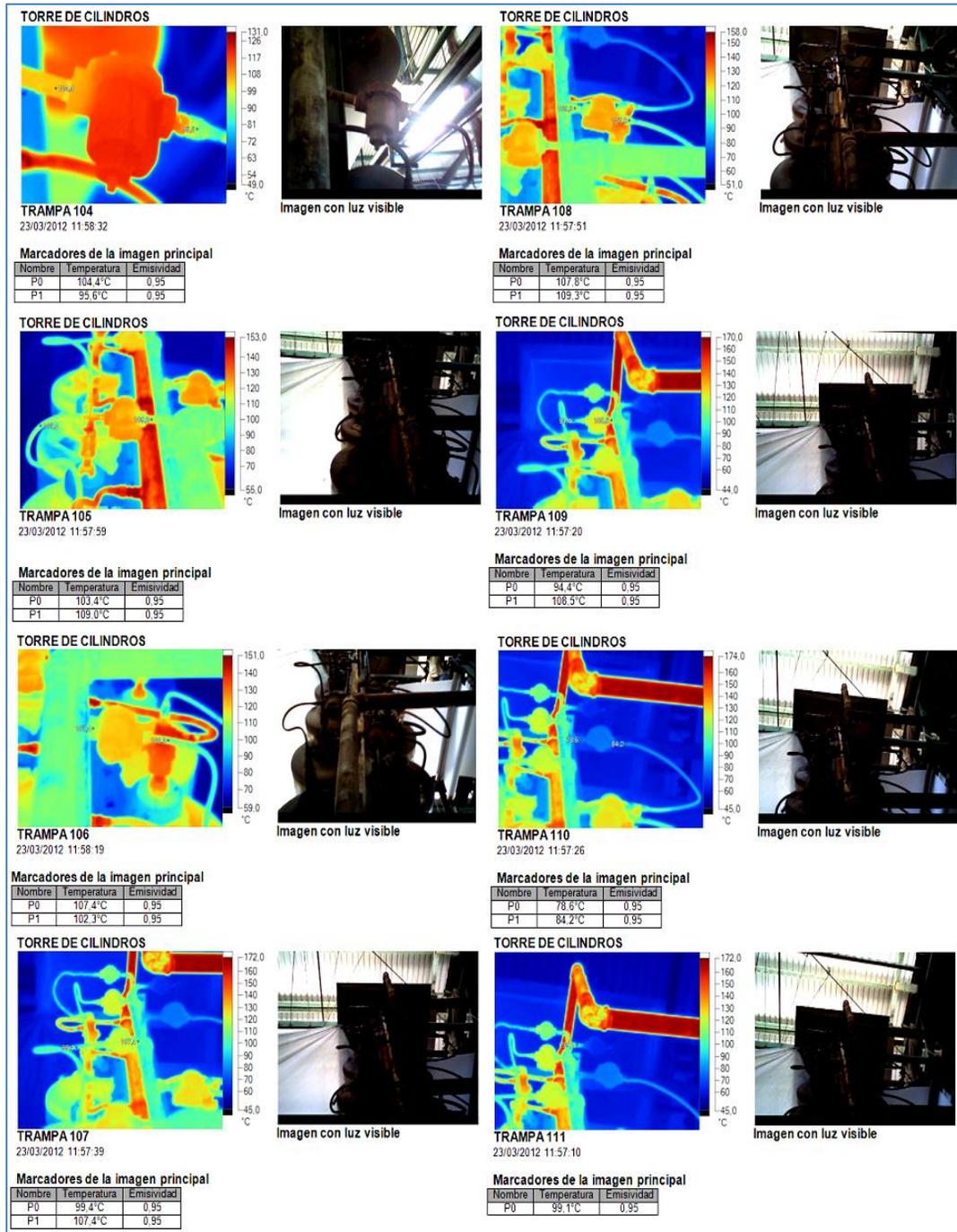
Continuación de la figura 73.



Continuación de la figura 73.



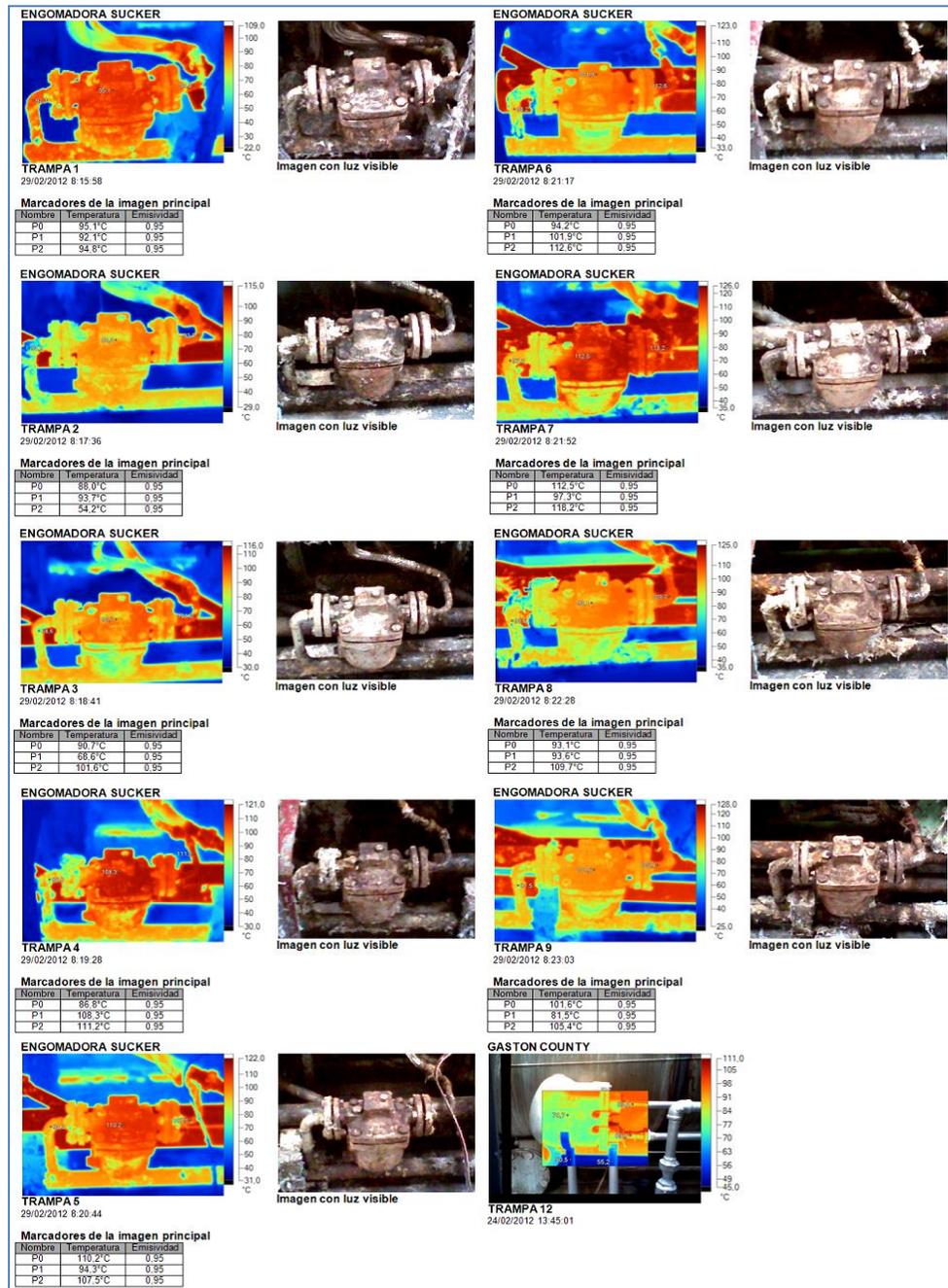
Continuación de la figura 73.



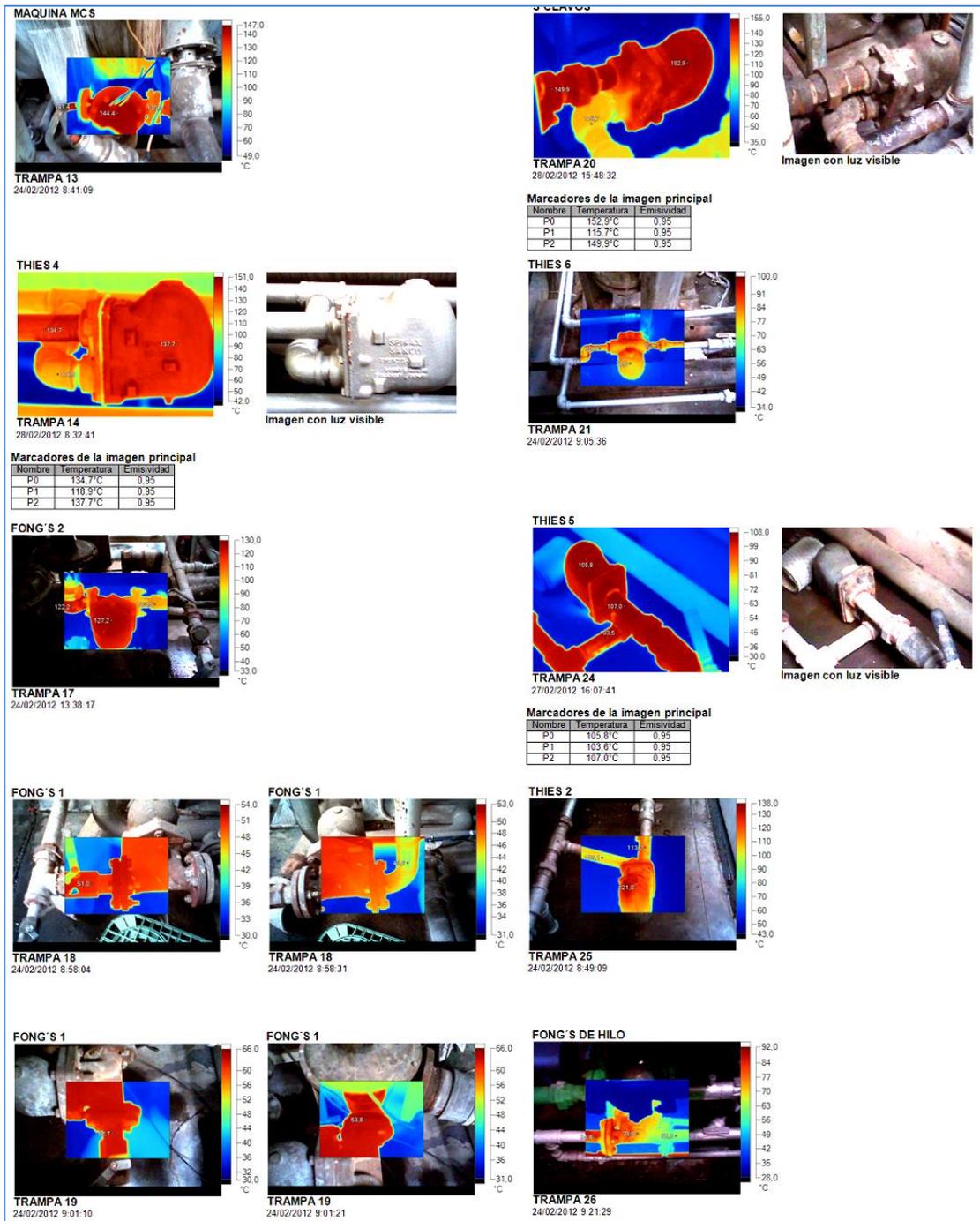
Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Las trampas de balde invertido sufren de fallas abiertas y cerradas en la mayoría, como se aprecia en las tomas termográficas anteriores; instaladas en gran parte para la maquinaria tipo calandra vertical de nombre Torre de Cilindros de marca MCS, en donde el mecanismo interno tipo balde no cumple con la función de cierre y apertura de flujo de vapor.

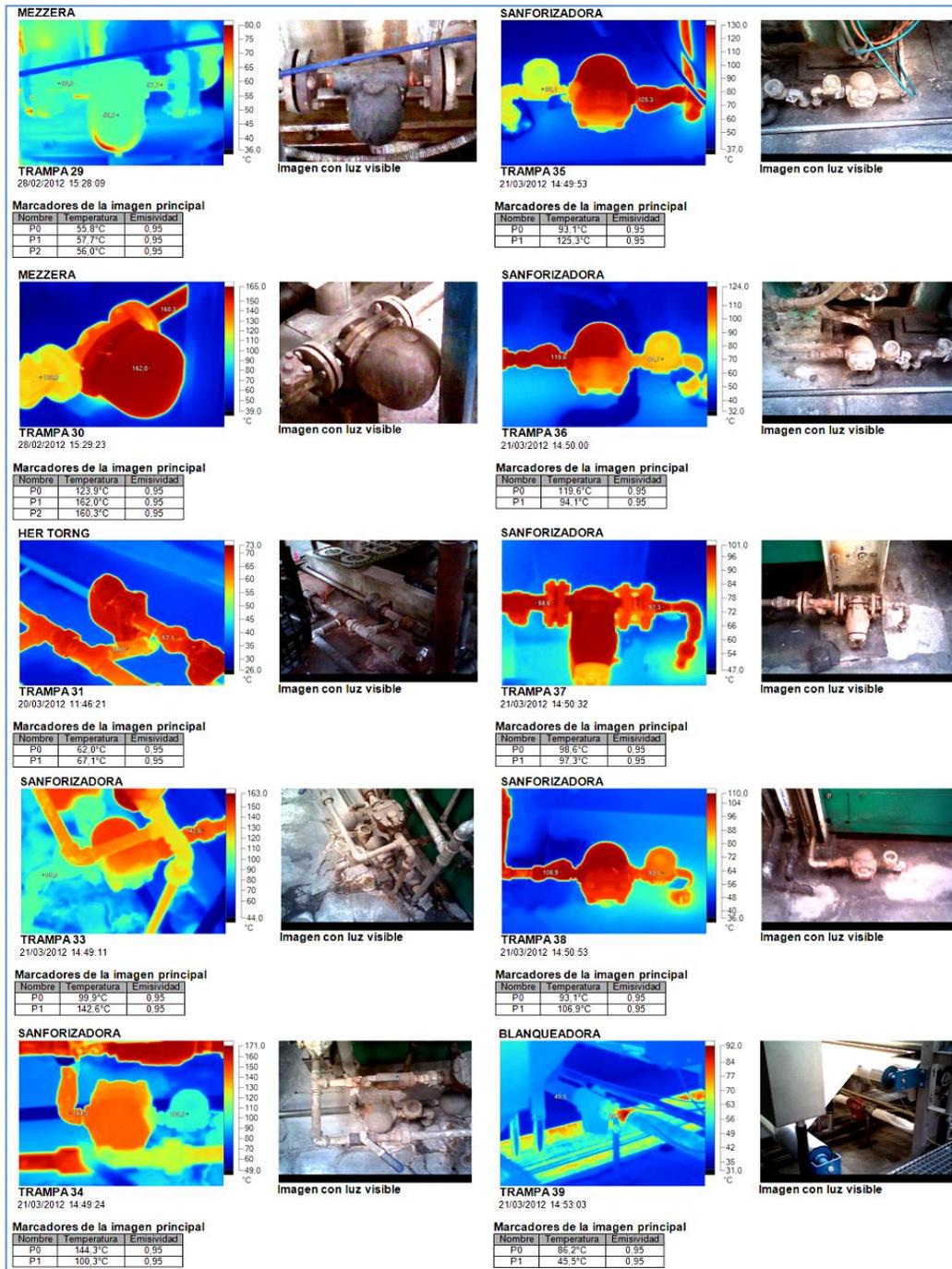
Figura 74. Imágenes termográficas de las trampas de vapor de flote y termostato



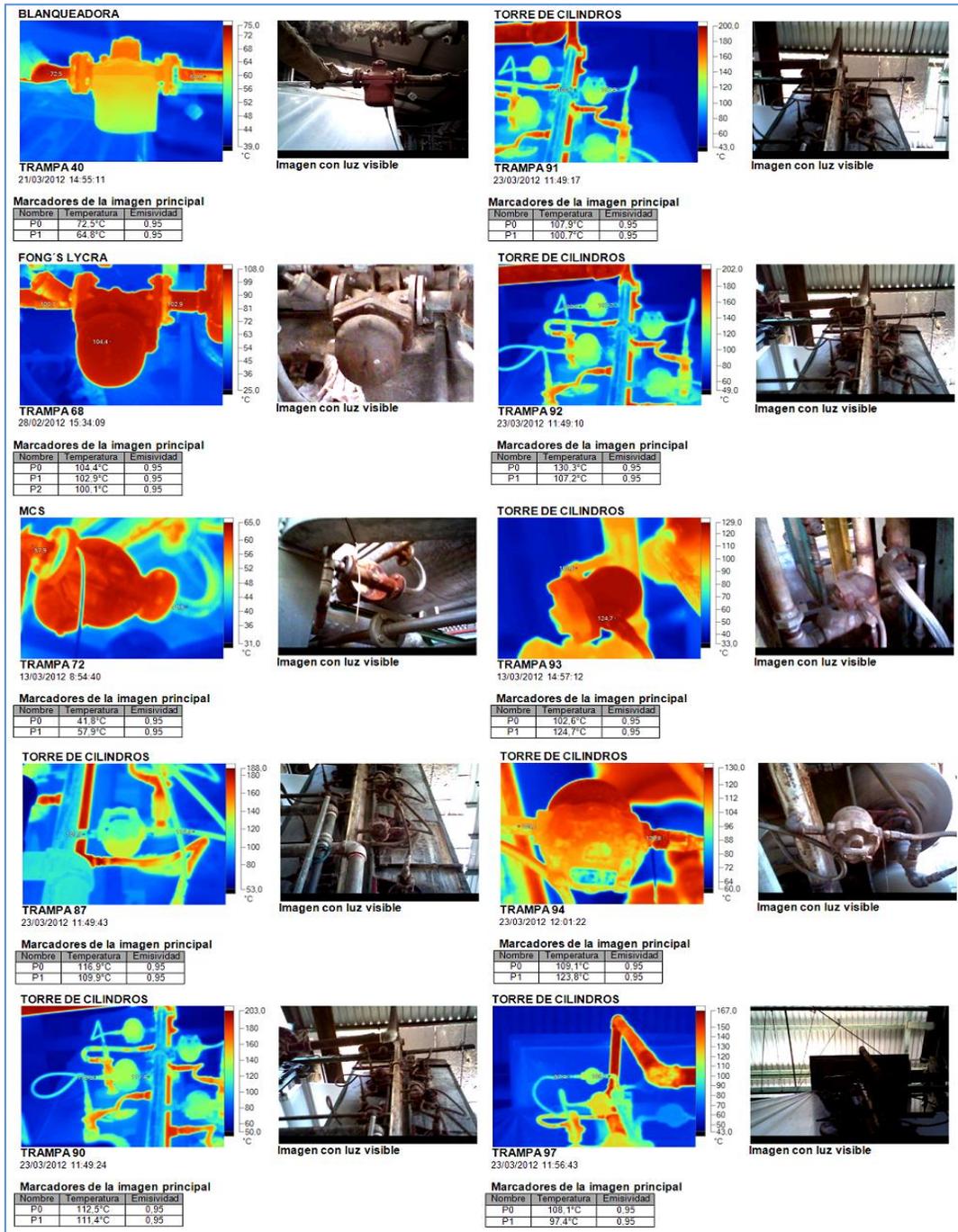
Continuación de la figura 74.



Continuación de la figura 74.



Continuación de la figura 74.



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Existen trampas de tipo flotador y termostato de gran capacidad de purga de vapor instaladas en el Departamento de Tintorería Cerrada, que cumplen la función importante de atrapar el vapor y condensarlo; para luego retornarlo al sistema de línea de condensado, pero se puede apreciar en las imágenes térmicas, que esto no sucede; debido a que el mecanismo de flotador no cumple con la función de cierre y apertura en gran parte de las trampas de este tipo.

2.5.2.2.1. Hoja de resultados

A partir de la observación visual en las fotografías y el editado de las mismas en el programa termográfico, se proporciona las siguientes hojas de resultados obtenidos en las tablas que se muestran, para el diagnóstico de las trampas de vapor en cuanto a la descarga de condensado y cierre correcto de mecanismo o elemento de entrapamiento.

Tabla XXV. Resultados para trampas termodinámicas de disco

TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL S.A. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO									
TÉCNICO: ELIJUD OSORIO FECHA:		MOTIVO DE SERVICIO: IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO							
CLAVE: FM-001 REVISIÓN: 1 23-10-12		REPORTE TÉCNICO DE CAMPO							
No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (pulg)	TIPO DE TRAMPA	Descarga correctamente		Cierra correctamente	
						SI	NO	SI	NO
10	Tubería Alimentación Engomadora Sucker	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco	X		X	
11	Tubería Alimentación Engomadora Sucker	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco		X	X	
15	Thies 1	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco	X		X	
16	Thies 1	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco	X		X	
22	Thies 3	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco		X	X	
23	Thies 3	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco		X	X	X
27	Mezzeria	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco	X		X	
58	Engomadora Benminger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco	X		X	
59	Engomadora Benminger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco		X	X	
60	Engomadora Benminger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco	X		X	
61	Engomadora Benminger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco	X		X	
62	Tubería Alimentación Tanque Engomadora Benminger	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	X		X	
63	Tubería Alimentación Engomadora Benminger	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco		X	X	
64	Rama 1	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	X		X	
65	Rama 1	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	X		X	
66	Tubería Alimentación Gaston County	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	X		X	
67	Tubería Alimentación Fong's Hilo	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	X		X	
69	Blanqueadora	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco		X		X
70	Rama 1	Worcester	WTD-52	1/2"	termodinámica de disco	X		X	
71	Rama 1	Worcester	WTD-52	1/2"	termodinámica de disco	X		X	X

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Tabla XXVI.

Resultados para trampas termostáticas de presión balanceada

TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL S.A.									
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO									
CLAVE: FM-001 REVISIÓN: 1 23-10-12		FECHA:		MOTIVO DE SERVICIO: IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO					
TÉCNICO: ELIUD OSORIO									
REPORTE TÉCNICO DE CAMPO									
No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (pig)	TIPO DE TRAMPA	Descarga correctamente		Cierra correctamente	
						SI	NO	SI	NO
41	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada		X		X
42	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada		X		X
43	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada		X	X	
44	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada		X	X	
45	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada	X			X
46	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada		X	X	
47	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada	X		X	
48	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada	X		X	
49	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada	X		X	
50	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada	X		X	
51	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada		X	X	
52	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada		X	X	
53	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada	X		X	
54	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada		X	X	
55	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada		X		X
56	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada	X			X
57	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX;G	1/2"	termostática de presión balanceada	X		X	

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Tabla XXVII. Resultados para trampas mecánicas de balde invertido

TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL S.A.									
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO									
 CLAVE: FM-001 REVISIÓN: 1 23-10-12		TÉCNICO: ELIUD OSORIO		MOTIVO DE SERVICIO: IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO					
REPORTE TÉCNICO DE CAMPO									
No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (pulg)	TIPO DE TRAMPA	Descarga correctamente		Cierra correctamente	
						SI	NO	SI	NO
28	Mezzera	Spirax Sarco	B-1H	3/4"	balde invertido		X		X
32	Sanforizadora	Spirax Sarco	B-1H	3/4"	balde invertido	X		X	
73	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	X		X	
74	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	X		X	
75	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	X			X
76	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
77	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
78	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X	X	
79	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
80	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
81	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
82	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
83	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X	X	
84	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X	X	
85	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X	X	
86	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	X		X	
88	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	X		X	
89	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
95	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido				
96	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
98	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
99	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
100	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	X			X
101	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
102	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
103	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
104	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	X			X
105	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
106	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
107	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
108	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
109	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
110	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido		X		X
111	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido				

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Tabla XXVIII. Resultados para trampas mecánicas de flotador y termostato

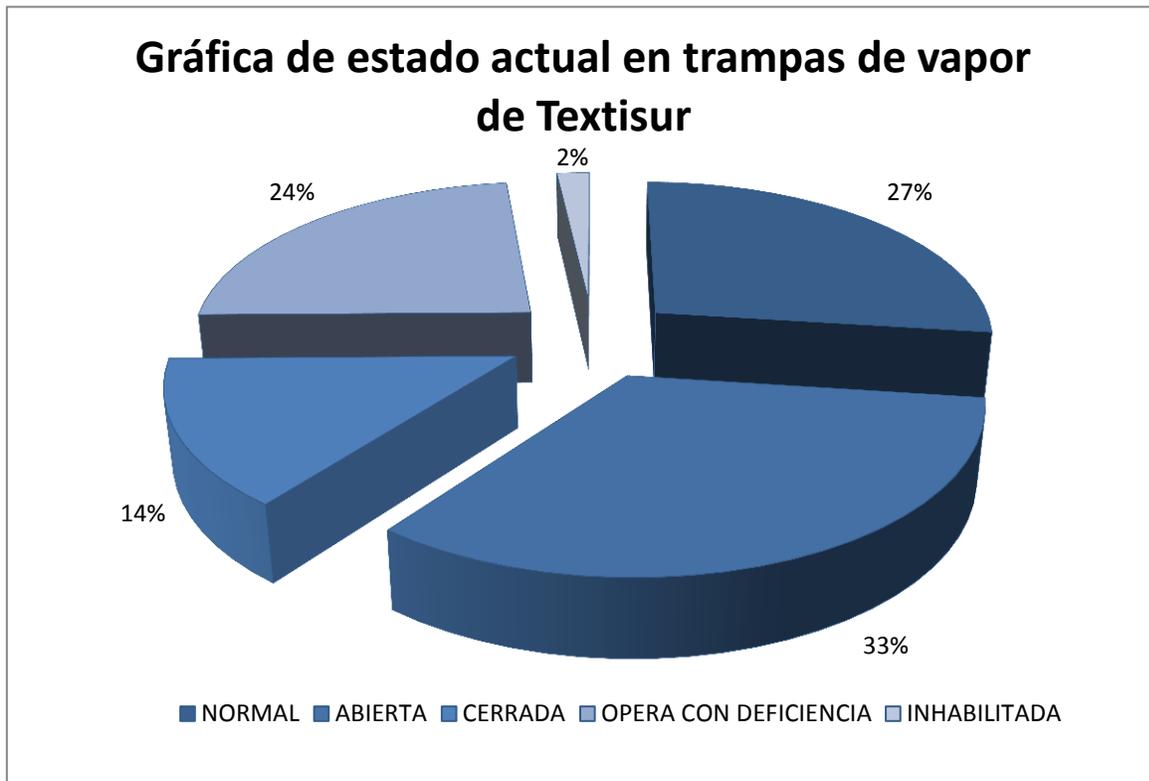
TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL S.A.									
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO									
		CLAVE: FM-001 REVISIÓN: 1 15-11-12	FECHA:	TÉCNICO: ELIUD OSORIO	MOTIVO DE SERVICIO: IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO				
REPORTE TÉCNICO DE CAMPO									
No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (plg)	TIPO DE TRAMPA	Descarga correctamente		Cierra correctamente	
						SI	NO	SI	NO
1	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato		X		X
2	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	X		X	
3	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	X		X	
4	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato		X	X	
5	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato		X		X
6	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato		X		X
7	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	X			X
8	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato		X		X
9	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	X			X
12	Gaston County	Spirax Sarco	BF 072793	3/4"	flotador y termostato		X		X
13	MCS	Spirax Sarco	FT-43-10	1 1/2"	flotador y termostato		X		X
14	Thies 4	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato		X		X
17	Fong's 2	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato		x		x
18	Fong's 1	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato		x		x
19	Fong's 1	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato		X		X
20	S'clavos	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato	X		X	
21	Thies 6	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato		X		X
24	Thies 5	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato		X		X
25	Thies 2	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato		x		x
26	Fong's Hilo	Spirax Sarco	FT-43-10	1 1/2"	flotador y termostato	x			x
29	Mezzera	Gestra	UNA 23	1/2"	flotador y termostato		X		X
30	Mezzera	Douglas	GE CF8M	2"	flotador y termostato	X		X	
31	Her Torng	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato		X		X
33	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	X		X	
34	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	X		X	
35	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	X		X	
36	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	X			X
37	Sanforizadora	Gestra	UNA 23 Duplex	1/2"	flotador y termostato		X		X
38	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	X			X
39	Blanqueadora	RIFOX	PN 16/25	1"	flotador y termostato	X		X	
40	Blanqueadora	RIFOX	PN 16/25	1"	flotador y termostato		X		X
68	Fong's Lycra	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato		X		X
72	MCS	Spirax Sarco	FT-43-10	1 1/2"	flotador y termostato	X			X
87	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato		X		X
90	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato		X		X
91	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato		X		X
92	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato		X	X	
93	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato		X	X	
94	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato		X		X
97	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato		X		X

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.5.2.2.2. Valores medidos

Los valores medidos por las capturas de las imágenes termográficas, arrojan temperaturas en la tubería de ingreso de vapor y salida de condensado; siguiendo el estado crítico o buen estado de las trampas de vapor de la empresa, el análisis de estado actual en los dispositivos que se muestra en la siguiente figura, revela que el 33 % sufren de falla abierta, el 27 % se encuentran operando normalmente, el 24 % opera con deficiencia, el 14 % presentan falla cerrada y el 2 % se encuentra en condición inhabilitada.

Figura 75. **Porcentajes de estado actual en trampas de vapor de Textisur**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Es relevante observar que muchas trampas operan con deficiencia y presentan fallas de tipo abierta, sobre todo las trampas de vapor mecánicas de flotador y termostato; como se muestra en la siguiente tabla de resumen.

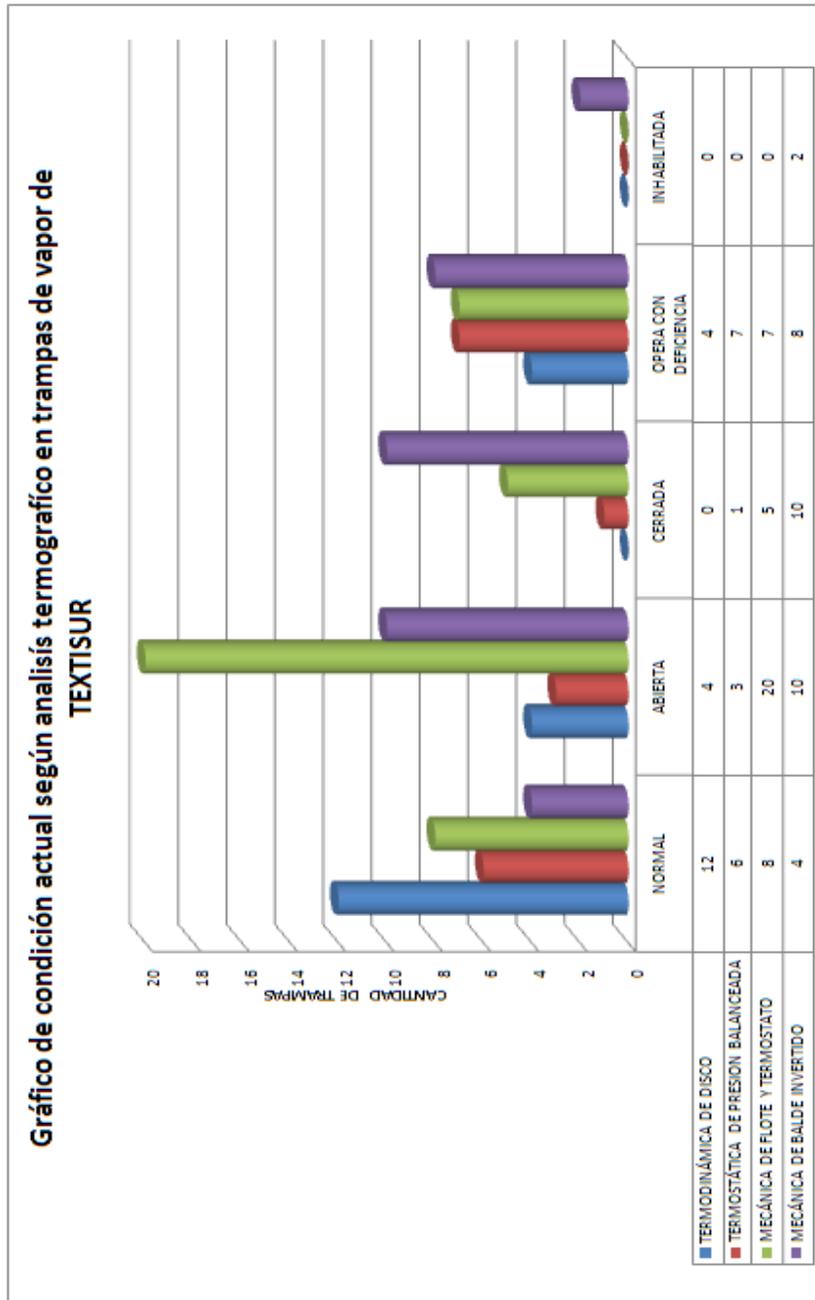
Tabla XXIX. **Análisis para las trampas de vapor en Textisur**

TIPO DE FALLA / TIPO DE TRAMPA	TERMODINÁMICA DE DISCO	TERMOSTÁTICA DE PRESION BALANCEADA	MECÁNICA DE FLOTE Y	MECÁNICA DE BALDE	TOTAL
NORMAL	12	6	8	4	30
ABIERTA	4	3	20	10	37
CERRADA	0	1	5	10	16
OPERA CON DEFICIENCIA	4	7	7	8	26
INHABILITADA	0	0	0	2	2
TOTAL	20	17	40	34	111

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

De un total de 111 trampas de vapor instaladas tanto en la maquinaria como en las tuberías de alimentación de vapor y condensado, solamente 30 operan con normalidad según las imágenes termográficas; lo que permite apreciar que las condiciones de mantenimiento mezcladas con los recursos económicos para enfrentar este tipo de fallas, que a lo largo del tiempo producen fuertes gastos en reparaciones y pérdidas de tiempo tanto en mano de obra como en producción, resultan deficientes y a la vez preocupantes, ya que; el recurso de vapor requiere de gran trabajo en energía para producirlo. El siguiente gráfico muestra en un diagrama de barras el número de fallas en las trampas de vapor de la textilera.

Figura 76. Diagrama de barras de análisis por medio de termografía en las trampas de vapor de Textisur



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Las tablas que se muestran a continuación contemplan los valores de temperatura medidos, tipo de criticidad y tipo de falla en las trampas de vapor que alberga el sistema termodinámico abierto.

Tabla XXX. **Valores medidos para las trampas de vapor termodinámicas de disco**

No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (pulg)	TIPO DE TRAMPA	TEMPERATURA INGRESO VAPOR (°C)	TEMPERATURA SALIDA CONDENSADO (°C)	DIFERENCIA DE TEMPERATURA (°C)	*CRITICIDAD SEGUN TABLA XXVI	TIPO DE FALLA
10	Tubería Alimentación Engomadora Sucker	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco	165	98	67	INCIPENTE	NORMAL
11	Tubería Alimentación Engomadora Sucker	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco	158	146	12	SEVERA	ABIERTA
15	Thies 1	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco	114	94	20	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
16	Thies 1	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco	131	100	31	INCIPENTE	NORMAL
22	Thies 3	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	108	94	14	SEVERA	ABIERTA
23	Thies 3	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	112	97	15	SEVERA	ABIERTA
27	Mezera	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco	162	115	47	INCIPENTE	NORMAL
38	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco	130	76	54	INCIPENTE	NORMAL
59	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco	128	105	23	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
60	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco	128	98	30	INCIPENTE	NORMAL
61	Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1/2"	termodinámica de disco	131	83	48	INCIPENTE	NORMAL
62	Tubería Alimentación Tanque Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	153	121	32	INCIPENTE	NORMAL
63	Tubería Alimentación Engomadora Benninger	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	169	148	21	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
64	Rama 1	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	129	94	35	INCIPENTE	NORMAL
65	Rama 1	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	129	97	32	INCIPENTE	NORMAL
66	Tubería Alimentación Gaston County	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	161	99	62	INCIPENTE	NORMAL
67	Tubería Alimentación Fong's Hill	Spirax Sarco	TD-52	1"	termodinámica de disco	160	121	39	INCIPENTE	NORMAL
69	Blanqueadora	Spirax Sarco	TD-52	3/4"	termodinámica de disco	141	131	10	SEVERA	ABIERTA
70	Rama 1	Worcester	WTD-52	1/2"	termodinámica de disco	85	40	45	INCIPENTE	NORMAL
71	Rama 1	Worcester	WTD-52	1/2"	termodinámica de disco	61	39	22	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA

*CRITICIDAD SEGUN TABLA XXVI: 0-5 °C Crítica; 6-20 °C Severa; 20-50 °C Pronunciada; 50-90 °C Incipiente

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Tabla XXXI.

Valores medidos para las trampas de vapor termostáticas de presión balanceada

No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (pulg)	TIPO DE TRAMPA	TEMPERATURA INGRESO VAPOR (°C)	TEMPERATURA SALIDA CONDENSADO (°C)	DIFERENCIA DE TEMPERATURA (°C)	*CRITICIDAD SEGUN TABLA XXVII	TIPO DE FALLA
41	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	72	71	1	CRÍTICA	CERRADA
42	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	78	77	1	CRÍTICA	ABIERTA
43	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	119	95	24	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
44	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	103	89	14	SEVERA	ABIERTA
45	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	74	47	27	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
46	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	112	84	28	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
47	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	118	77	41	INCIPIENTE	NORMAL
48	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	121	82	39	INCIPIENTE	NORMAL
49	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	123	78	45	INCIPIENTE	NORMAL
50	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	124	92	32	INCIPIENTE	NORMAL
51	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	124	96	28	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
52	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	122	98	24	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
53	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	124	74	50	INCIPIENTE	NORMAL
54	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	123	96	27	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
55	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	119	115	4	CRÍTICA	ABIERTA
56	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	88	65	23	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
57	Ergomadora Benninger	Spirax Sarco	BPT-13SX.G	1/2"	termostática de presión balanceada	130	96	34	INCIPIENTE	NORMAL

*CRITICIDAD SEGUN TABLA XXVII: 0-5 °C Crítica; 5-20 °C Severa; 20-30 °C Pronunciada; 30-50 °C Incipiente

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Tabla XXXII.

Valores medidos para las trampas de vapor mecánicas de balde invertido

No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (pulg)	TIPO DE TRAMPA	TEMPERATURA INGRESO VAPOR (°C)	TEMPERATURA SALIDA CONDENSADO (°C)	DIFERENCIA DE TEMPERATURA (°C)	*CRITICIDAD SEGUN TABLA XXVI	TIPO DE FALLA
26	Mezera	Spirax Sarco	B-1H	3/4"	balde invertido	113	97	16	SEVERA	ABIERTA
32	Saforizadora	Spirax Sarco	B-1H	3/4"	balde invertido	168	121	47	INCIPIENTE	NORMAL
73	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	139	101	38	INCIPIENTE	NORMAL
74	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	129	108	21	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
75	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	124	101	23	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
76	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	126	108	18	SEVERA	ABIERTA
77	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	105	105	0	CRITICA	CERRADA
78	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	137	108	29	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
79	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	139	112	27	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
80	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	133	108	25	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
81	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	128	112	16	SEVERA	CERRADA
82	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	121	113	8	SEVERA	CERRADA
83	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	134	113	21	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
84	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	137	112	25	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
85	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	184	161	23	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
86	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	173	120	53	INCIPIENTE	NORMAL
88	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	174	107	67	INCIPIENTE	NORMAL
89	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	93	92	1	CRITICA	CERRADA
95	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	86			INHABILITADA	INHABILITADA
96	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	97	85	12	SEVERA	CERRADA
98	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	112	110	2	CRITICA	ABIERTA
99	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	126	111	15	SEVERA	ABIERTA
100	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	125	107	18	SEVERA	ABIERTA
101	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	126	107	19	SEVERA	ABIERTA
102	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	124	108	16	SEVERA	ABIERTA
103	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	121	107	14	SEVERA	ABIERTA
104	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	104	96	8	SEVERA	ABIERTA
105	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	109	103	6	SEVERA	ABIERTA
106	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	107	102	5	CRITICA	CERRADA
107	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	107	99	8	SEVERA	CERRADA
108	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	109	108	1	CRITICA	CERRADA
109	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	109	94	15	SEVERA	CERRADA
110	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	84	79	5	CRITICA	CERRADA
111	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	B-1H	1/2"	balde invertido	99			INHABILITADA	INHABILITADA

*CRITICIDAD SEGUN TABLA XXVI: 0-5 °C Crítica; 5-20 °C Severa; 20-30 °C Pronunciada; 30-50 °C Incipiente

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Tabla XXXIII. Valores medidos para las trampas de vapor mecánicas de flotador y termostato

No. Inventario	UBICACIÓN	MARCA	MODELO	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (pulg)	TIPO DE TRAMPA	TEMPERATURA INGRESO VAPOR (°C)	TEMPERATURA SALIDA CONDENSADO (°C)	DIFERENCIA DE TEMPERATURA (°C)	*CRITICIDAD SEGUN TABLA XXVI	TIPO DE FALLA
1	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	95	92	3	CRITICA	ABIERTA
2	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	94	54	40	INCIPIENTE	NORMAL
3	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	102	69	33	INCIPIENTE	NORMAL
4	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	111	86	25	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
5	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	110	94	16	SEVERA	ABIERTA
6	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	113	94	19	SEVERA	ABIERTA
7	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	118	97	21	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
8	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	110	94	16	SEVERA	ABIERTA
9	Engomadora Sucker	RIFOX	PN 15/13	1/2"	flotador y termostato	105	82	23	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
12	Gaston County	Spirax Sarco	BF 072793	3/4"	flotador y termostato	89	85	4	CRITICA	ABIERTA
13	MCS	Spirax Sarco	FT-43-10	1 1/2"	flotador y termostato	141	131	10	SEVERA	ABIERTA
14	Thes 4	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato	135	119	16	SEVERA	ABIERTA
17	Fong's 2	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato	122	104	18	SEVERA	ABIERTA
18	Fong's 1	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato	120	113	7	SEVERA	ABIERTA
19	Fong's 1	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato	125	124	1	CRITICA	ABIERTA
20	S'clavos	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato	150	116	34	INCIPIENTE	NORMAL
21	Thes 6	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	83	81	2	CRITICA	ABIERTA
24	Thes 5	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato	106	104	2	CRITICA	ABIERTA
25	Thes 2	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato	121	113	8	SEVERA	ABIERTA
26	Fong's Hilo	Spirax Sarco	FT-43-10	1 1/2"	flotador y termostato	85	62	23	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
29	Mezera	Gestira	UNA 23	1/2"	flotador y termostato	56	55	1	CRITICA	CERRADA
30	Mezera	Douglas	GE CF8M	2"	flotador y termostato	160	124	36	INCIPIENTE	NORMAL
31	Her Tong	Spirax Sarco	FT-125	1 1/2"	flotador y termostato	67	62	5	CRITICA	ABIERTA
33	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	143	100	43	INCIPIENTE	NORMAL
34	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	144	100	44	INCIPIENTE	NORMAL
35	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	125	93	32	INCIPIENTE	NORMAL
36	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	120	94	26	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
37	Sanforizadora	Gestira	JNA 23 Duplex	1/2"	flotador y termostato	99	97	2	CRITICA	ABIERTA
38	Sanforizadora	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	107	93	14	SEVERA	ABIERTA
39	Blanqueadora	RIFOX	PN 16/25	1"	flotador y termostato	86	46	40	INCIPIENTE	NORMAL
40	Blanqueadora	RIFOX	PN 16/25	1"	flotador y termostato	73	65	8	SEVERA	ABIERTA
68	Fong's Lyra	Spirax Sarco	FT-43-10	2"	flotador y termostato	104	100	4	CRITICA	ABIERTA
72	MCS	Spirax Sarco	FT-43-10	1 1/2"	flotador y termostato	130	113	17	SEVERA	ABIERTA
87	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	117	110	7	SEVERA	CERRADA
90	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	113	111	2	CRITICA	CERRADA
91	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	108	101	7	SEVERA	CERRADA
92	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	130	107	23	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
93	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	125	103	22	PRONUNCIADA	OPERA CON DEFICIENCIA
94	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	124	109	15	SEVERA	ABIERTA
97	Torre de Cilindros	Spirax Sarco	FT-14	1/2"	flotador y termostato	108	97	11	SEVERA	CERRADA

*CRITICIDAD SEGUN TABLA XXVI: 0-5 °C Crítica; 6-20 °C Severa; 20-30 °C Pronunciada; 30-50 °C Incipiente

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.6. Determinación de los costos de vapor por medio del consumo de maquinaria

Para la implementación de la medición de vapor en la maquinaria del Departamento de Tintorería Cerrada y Engomado, se implementó un medidor de flujo con el fin de identificar el consumo de vapor por equipo y el estado actual de los intercambiadores de calor en las mismas.

El intercambiador de calor es un componente necesario en el ciclo del vapor para la maquinaria por dos razones, la primera es que convierte el vapor usado nuevamente en agua para regresarla al generador o a la caldera de vapor como agua de alimentación. Esto conlleva en minimizar costos operacionales en la planta permitiendo reutilizar el agua de alimentación en lo que resulta más fácil bombear un líquido que el vapor en sí.

La segunda razón es debida a que influye grandemente en el ciclo permitiendo que este opere y funcione con gradientes más grandes posibles de temperatura y presión entre la fuente de calor (caldera) y el sumidero de calor (condensador), la siguiente figura muestra el funcionamiento del intercambiador de calor o colector de vapor llamado con otro nombre en la maquinaria.

Figura 77. **Funcionamiento del intercambiador de calor en maquinaria**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Para determinar el costo por combustible es necesario tomar las siguientes referencias:

- Presión de vapor
- Eficiencia de la caldera
- Precio del combustible
- Temperatura del condensado

El cálculo del costo de vapor se efectúa en las referencias expuestas, aplicado a balances de energía; tomando la entalpía del vapor y la calidad de este.

La caldera Power Master ubicada en el Departamento de Calderas de la empresa genera vapor a una presión de 60 bar, la temperatura de agua de alimentación a la caldera es de 100 °C, la eficiencia que presenta es del 83 %⁸ y el precio del combustible bunker es de Q 21,74 el galón⁹.

Determinación del costo de vapor producido:

- Calor contenido en el vapor a 60 bar:

$$h_g = 2\,783,3 \text{ kJ/kg (ver tablas de vapor en anexos)}$$

- Energía térmica en el agua de alimentación a 100 °C:

$$h_f = 419,04 \text{ kJ/kg (ver tablas de vapor en anexos)}$$

$$2\,783,3 \text{ kJ/kg} - 419,04 \text{ kJ/kg} = 2\,364,26 \text{ kJ/kg}$$

- Energía del combustible requerida para la producción del vapor a 60 bar:

$$\frac{2\,364,26 \text{ kJ/kg}}{0,83} = 2\,848,51 \text{ kJ/kg}$$

- Costo energía del combustible:

$$\frac{Q\,21,74}{1 \text{ galón}} \times \frac{1 \text{ galón}}{150\,000 \text{ BTU}} \times \frac{1 \text{ BTU}}{1,055056 \text{ kJ}} = \frac{Q\,0,0001373}{\text{kJ}}$$

- Costo del vapor producido:

⁸Power Master Inc. *Calderas Acuatubulares*. <http://www.powermaster.com.mx/calderas>. Consulta: 20 febrero de 2013.

⁹Ministerio de Energía y Minas de Guatemala. *Combustibles*. <http://www.mem.gob.gt/>. Consulta: 10 de agosto de 2013.

$$\frac{Q\ 0,0001373}{\text{kJ}} \times \frac{2\ 848,51\ \text{kJ}}{\text{kg}} = \frac{Q\ 0,3911}{\text{kg}}$$

Aproximadamente Q 0,3911 por kilogramo de vapor es el costo unitario de producción del mismo desglosado a partir del costo de energía del combustible y convertido a unidades de moneda/masa.

2.6.1. Consumo de vapor por equipo

A partir de la medición de consumo de vapor con el medidor de flujo de vapor que se describe en el siguiente apartado, se genera la siguiente tabla de consumo de vapor para la maquinaria, teniendo así un parámetro de utilización de vapor que servirá para establecer el costo total de uso de vapor.

Tabla XXXIV. **Consumo de vapor por equipo en Textisur**

MÁQUINA	UBICACIÓN	CONSUMO (kg/h)
Thies 2	Tintorería cerrada	2 394,68
Thies 4	Tintorería cerrada	2 962,96
Thies 3	Tintorería cerrada	905,66
Fong's 1	Tintorería cerrada	5 687,2
S'clavos	Tintorería cerrada	1 711,03
Thies 5	Tintorería cerrada	2 286,99
Fong's 2	Tintorería cerrada	2 891,57
Torre de Cilindros	Tintorería continua	2 030,28
MCS	Tintorería cerrada	3 560,83
Thies 1	Tintorería cerrada	1 595,74
Gaston County	Tintorería cerrada	1 156,07
Engomadora Benninger	Engomado	1 089,08
Engomadora Sucker	Engomado	264,43
Fong's de Lycra	Tintorería cerrada	1 904,76
Her Torng	Tintorería cerrada	1 077,2
Thies 6	Tintorería cerrada	575,82
Thies Laboratorio	Tintorería cerrada	133,11
		TOTAL = 32 227,41

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El consumo de la maquinaria es tomado a partir de la máxima demanda en cada equipo de vapor, cuando cada una de ellas llega a una temperatura que consume el máximo recurso. Entonces el costo total de uso de vapor viene dado por el consumo total de la maquinaria en kilogramo de vapor por hora multiplicado por el costo unitario de producción de vapor:

$$\frac{Q 0,3911}{\text{kg}} \times \frac{32\ 227,41\text{kg}}{\text{h}} = \frac{Q 12\ 604,14}{\text{h}}$$

Aproximadamente Q 12 604,14 por hora de trabajo es el costo de consumo de vapor por las 17 máquinas que se establecen en la tabla XXXIV de consumo de vapor por equipo en Textisur.

2.6.1.1. Medidor de flujo

El medidor de flujo está compuesto por una marmita con capacidad para 250 L de fluido, de material acero inoxidable con dos llaves de paso (*bypass*) de ½” una para el ingreso de vapor y otra para el drenaje del agua, es alimentada por medio de una manguera para alta resistencia a temperatura de ¾” para vapor; conectada en la tubería de salida de condensado de la máquina a medir; cerrando las llaves de paso de la tubería principal de retorno de condensado para establecer la medición de la máquina propiamente dicha. La figura del medidor utilizado para la medición de vapor se muestra a continuación.

Figura 78. **Medidor de flujo de vapor**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.6.1.2. Generación de tabla de consumo de vapor

A partir del proceso de teñido se tomaron distintas tomas de medición en la maquinaria, esperando tener la máxima capacidad en ella para realizar el trabajo de campo que se muestra en la siguiente tabla donde se tomaron muestras de 17 máquinas en las áreas de engomado y tintorería cerrada.

2.7. Minimización de costos en el sistema de distribución de vapor

La minimización de costos en el sistema de distribución de vapor se conoce a través de las pérdidas por vapor vivo en las trampas de vapor de la planta, es así como la implementación de la termografía infrarroja como parte del mantenimiento predictivo que arroja resultados impresionantes que sirven para dar cuentas a la gerencia de mantenimiento y los dueños como tal.

Es increíble como pequeñas fugas en elementos como las trampas de vapor, válvulas, bridas, entre otras, pueden generar grandes dolores de cabeza no solo en costos de mantenimiento sino también en costos de producción que a la larga impactan grandemente en toda la estructura organizativa de la empresa.

A continuación se muestran las tablas antes y después, de aplicar la termografía para el análisis de las trampas de vapor enfocado en pérdidas de vapor vivo para dispositivos en mal funcionamiento, revelando datos muy interesantes sobre él porque se debe crear un plan de inspección periódico en las trampas, para encontrar cada vez, menos pérdidas en el sistema de distribución de vapor.

Tabla XXXVI.

Pérdidas de vapor vivo para trampas en mal estado antes de la termografía infrarroja

MODELO	TIPO DE TRAMPA	PÉRDIDAS DE VAPOR VIVO PARA LAS TRAMPAS DE VAPOR EN MAL ESTADO ANTES DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO												PÉRDIDAS DE VAPOR VIVO TRAMPAS EN MAL ESTADO (kg/h)	
		DN 16 (1/2")		DN 20 (3/4")		DN 25 (1")		DN 40 (1 1/2")		DN 60 (2")					
		BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA				
TD-52	TERMODINÁMICA DE DISCO	900	1 600	4 500	820	6 000	4 500	0	0	0	0	0	0	0	11 400
WTD-52	TERMODINÁMICA DE DISCO	850	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	850
BPT-13SXG	TERMOSTÁTICA DE PRESIÓN BALANCEADA	8 800	3 900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8 800
B-1H	MECÁNICA DE BALDE INVERTIDO	13 920	1 308	1 461	1 275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15 381
PN 15/13	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	7 000	1 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7 000
PN 16/25	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	0	0	1 300	1 000	0	0	0	0	0	0	0	1 300
BF-072793	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	2 270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 270
FT-43-10	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	0	0	0	0	18 000	0	44 000	0	0	0	0	62 000
FT-125	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	0	0	0	0	9 080	1 816	0	0	0	0	0	9 080
FT-14	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	4 000	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 000
UNA-23	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 000
UNA-23 Duplex	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	850	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	850
GE CF8M	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 000	0	11 000
															TOTAL
															123 931

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Por lo que existe una pérdida de 123 931 en kilogramo de vapor por hora según la tabla dada anteriormente, debido a las trampas en mal estado antes de la aplicación del mantenimiento predictivo, esto representa en dinero una pérdida desglosada de la multiplicación del costo unitario de producción de vapor por la pérdida de vapor vivo en trampas de vapor en mal estado antes de la termografía infrarroja como se detalla a continuación:

$$\frac{Q 0,3911}{\text{kg}} \times \frac{123\,931 \text{ kg}}{\text{h}} = \frac{Q48\,469,41}{\text{h}}$$

Así el costo por pérdidas de vapor vivo antes de la termografía asciende a Q 48 469,41 por hora de operación, creando así una necesidad de cambio en los dispositivos averiados, se limpiaron algunas trampas, otras tuvieron cambios de repuesto en los mecanismos y un porcentaje bajo fueron reemplazadas, teniendo así una disminución ventajosa en la pérdida de vapor vivo para trampas en mal estado como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXXVII.

Pérdidas de vapor vivo para trampas en mal estado después de la termografía infrarroja

PÉRDIDAS DE VAPOR VIVO PARA LAS TRAMPAS DE VAPOR EN MAL ESTADO DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREDICTIVO													
MODELO	TIPO DE TRAMPA	DN 15 (1/2")		DN 20 (3/4")		DN 25 (1")		DN 40(1 1/2")		DN 50 (2")		PÉRDIDAS DE VAPOR VIVO TRAMPAS EN MAL ESTADO (kg/h)	
		MALA	BUENA	MALA	BUENA	MALA	BUENA	MALA	BUENA	MALA	BUENA		
TD-52	TERMODINÁMICA DE DISCO	900	1 600	4 500	820	6 000	4 500	0	0	0	0	11 400	
WTD-52	TERMODINÁMICA DE DISCO	850	600	0	0	0	0	0	0	0	0	850	
BPT-13SX;G	TERMOSTÁTICA DE PRESIÓN BALANCEADA	8 800	3 900	0	0	0	0	0	0	0	0	8 800	
B-1H	MECÁNICA DE BALDE INVERTIDO	4 320	10 028	0	2 550	0	0	0	0	0	0	4 320	
PN 15/13	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	7 000	1 400	0	0	0	0	0	0	0	0	7 000	
PN 16/25	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	0	0	0	2 000	0	0	0	0	0	
BF 072793	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	0	1 816	0	0	0	0	0	0	0	
FT-43-10	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	0	0	0	0	12 000	5 000	22 000	20 000	34 000	
FT-125	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	0	0	0	0	9 080	1 816	0	0	9 080	
FT-14	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	2 000	2 000	0	0	0	0	0	0	0	0	2 000	
UNA 23	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 000	
UNA 23 Duplex	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GE CF8M	MECÁNICA DE FLOTE Y TERMOSTATO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 000	0	
												TOTAL	78 450

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Por lo que existe una pérdida de 78 450 en kilogramo de vapor por hora vivo según tabla anterior, debido a las trampas en mal estado después del mantenimiento correctivo y predictivo como tal, esto representa en dinero una pérdida desglosada de la multiplicación del costo unitario de producción de vapor por la pérdida de vapor vivo en trampas de vapor en mal estado después de la termografía infrarroja como se detalla a continuación:

$$\frac{Q}{\text{kg}} \times \frac{78\ 450\ \text{kg}}{\text{h}} = \frac{Q30\ 681,80}{\text{h}}$$

El costo entonces por pérdidas de vapor vivo después de la termografía infrarroja y haciendo los respectivos cambios en las trampas de vapor descende a Q 30 681,80 por hora de operación; siguiendo el resultado de los datos de costos asociados al funcionamiento de trampas de vapor se genera un ahorro del 63,30 % producto de la resta de los costos en quetzales por hora de la pérdida de vapor vivo en trampas de vapor antes y después de la termografía infrarroja, equivalente a Q 17 787,62 por hora de trabajo utilizando el recurso de vapor. La inversión aproximada para el cambio y reparación de las trampas en mal estado es de Q 15 300¹⁰; con lo que el retorno de la inversión RI para este caso sería de:

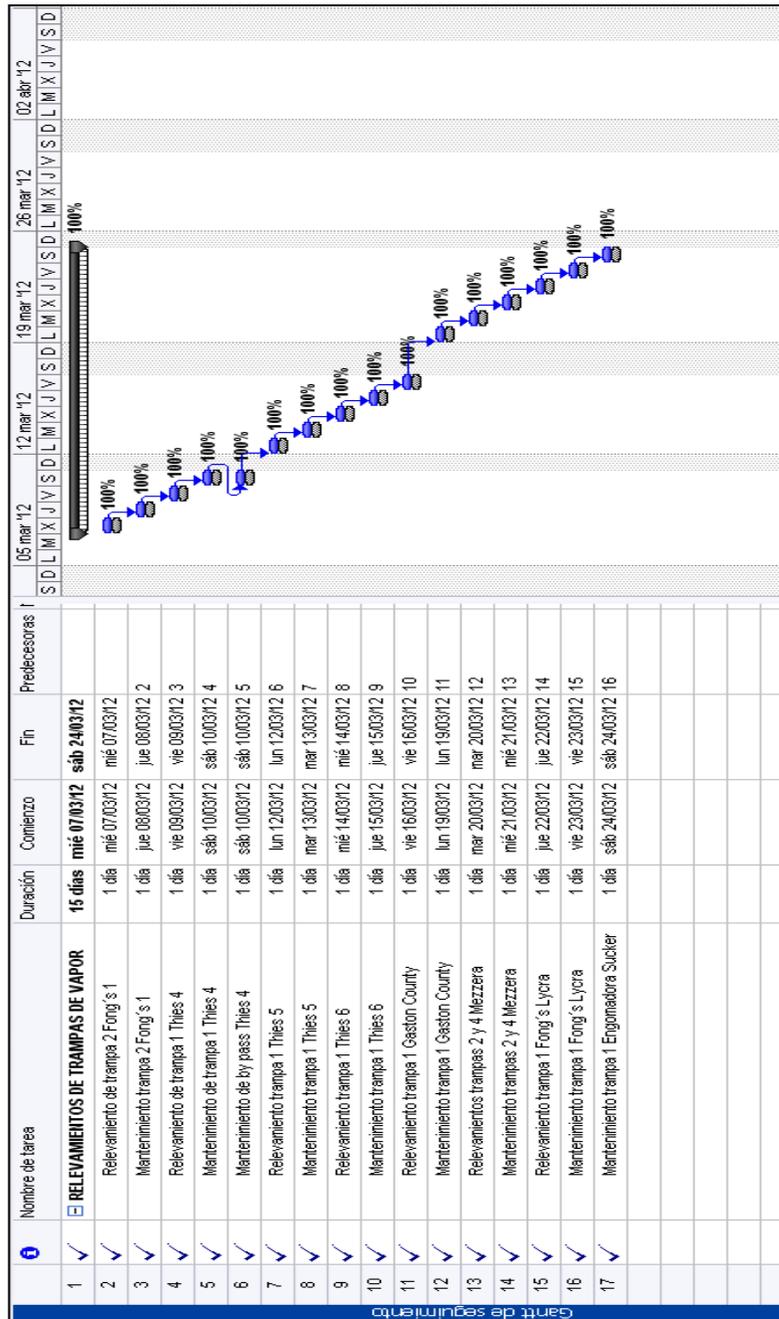
$$RI = \frac{Q\ 30\ 681,80}{Q\ 15\ 300\ h} \times \frac{24\ h}{1\ día} = 48,13\ días$$

El retorno entonces de la inversión por dar mantenimiento y cambio en las trampas de vapor resulta no solo viable sino factible. Ya que se trabajan 24 horas diarias y se requiere tan solo 49 días para recibir la inversión dada.

El diagrama de seguimiento Gantt que se muestra en la siguiente figura de relevación de trampas de vapor, contempla el tiempo requerido para quitar las trampas, darles mantenimiento y colocarlas de nuevo para el funcionamiento.

¹⁰Textiles del Sur Internacional. Departamento de Mantenimiento. *Balance de Costos de Inversión enero 2013*. p. 26

Figura 79. Diagrama de Gantt para relevamiento de trampas con pérdidas vivas de vapor



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.7.1. Trampeo de sistemas abiertos

El trampeo en sistemas abiertos se da para el recurso de vapor en equipos que varían mucho de tamaño, velocidad y sistemas de extracción de condensado; tal es el caso de la maquinaria de la empresa en donde purgar y eliminar aire individualmente conlleva a mezclar distintos tipos de trampas con dispositivos antibloqueo de vapor, como filtros, eliminadores termostáticos y mirillas para poder conocer el funcionamiento del purgado, como se muestra en la siguiente figura para drenaje de condensado en cilindros de secado a baja velocidad como las engomadora Benninger.

Figura 80. **Trampeo en cilindros secadores de baja velocidad en engomadora Benninger**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

En las máquinas de velocidades altas como la blanqueadora y mercerizadora, se requiere de mayor capacidad de soplado para la salida de condensado; una trampa de vapor de flotador y termostato respaldada por un *by-pass* (llave de paso) puede manejar esta necesidad como se muestra en la siguiente figura de la mercerizadora Benninger.

Figura 81. **Trampeo en máquinas de velocidades altas mercerizadora Benninger**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

También en máquinas multicilíndricas como las secadoras Monforts para acabado textil y las engomadoras en general, se drena el vapor por medio de una trampa de flotador y termostato; pero también es aplicable una trampa termodinámica como se muestra en la siguiente figura.

Figura 82. **Trampeo en maquinaria multicilíndrica tipo secadora marca Monforts**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Para los intercambiadores de calor de tubos como los utilizados por las teñidoras con combinación de trampas de vapor y bombas de agua son utilizadas las trampas de flotador y termostato de alta capacidad de condensado y las trampas termodinámicas como se muestra en la siguiente figura.

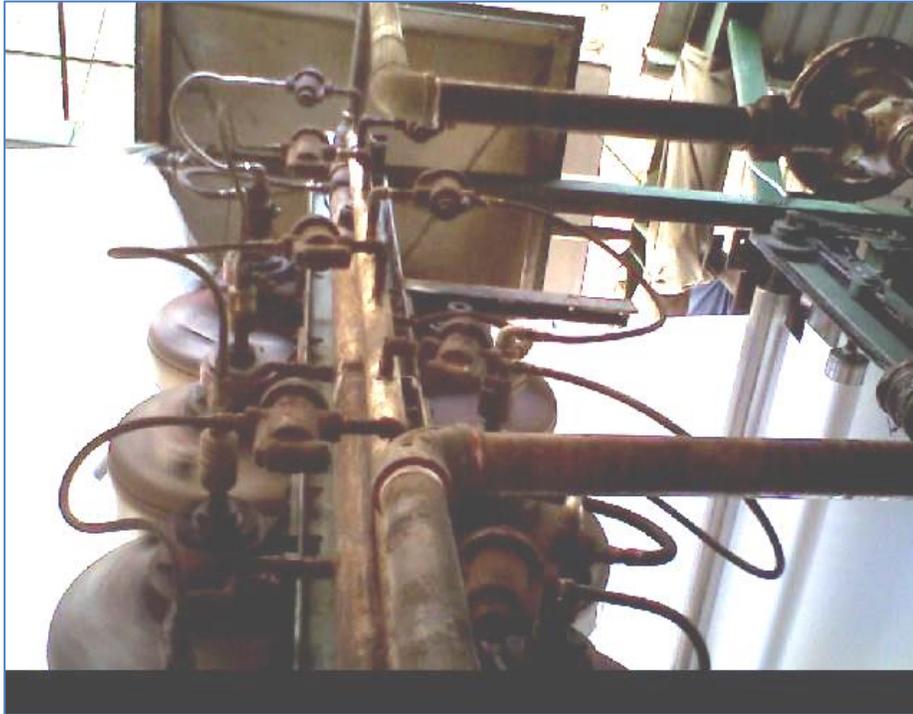
Figura 83. **Trampeo en intercambiadores de calor**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El trampeo en calandras verticales como la Torre de Cilindros es posible gracias a que se purga individualmente cada cilindro secador de tela, las trampas mecánicas de flotador y termostato y balde invertido son apropiadas para la eliminación de aire con dispositivo antibloqueo de vapor incorporado como se muestra en la siguiente figura.

Figura 84. Trampeo en calandras verticales



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.7.2. Trampeo en sistemas de distribución de vapor

Los sistemas de distribución de vapor conectan las calderas de vapor con el equipo, para ellos existen tres componentes principales como lo es los cabezales de vapor, las tuberías principales y los ramales; cada componente realiza una función específica y junto con las trampas de vapor contribuyen al uso eficiente del recurso.

El cabezal de las calderas es una tubería de distribución que recibe vapor de varias calderas al mismo tiempo, tal es el caso del cuarto de calderas de vapor en la planta en donde existen la caldera *Power Master* conectada al sistema; las trampas de vapor le proporcionan servicio al cabezal descargando grandes cantidades de condensado y partículas en forma instantánea como se muestra en la figura.

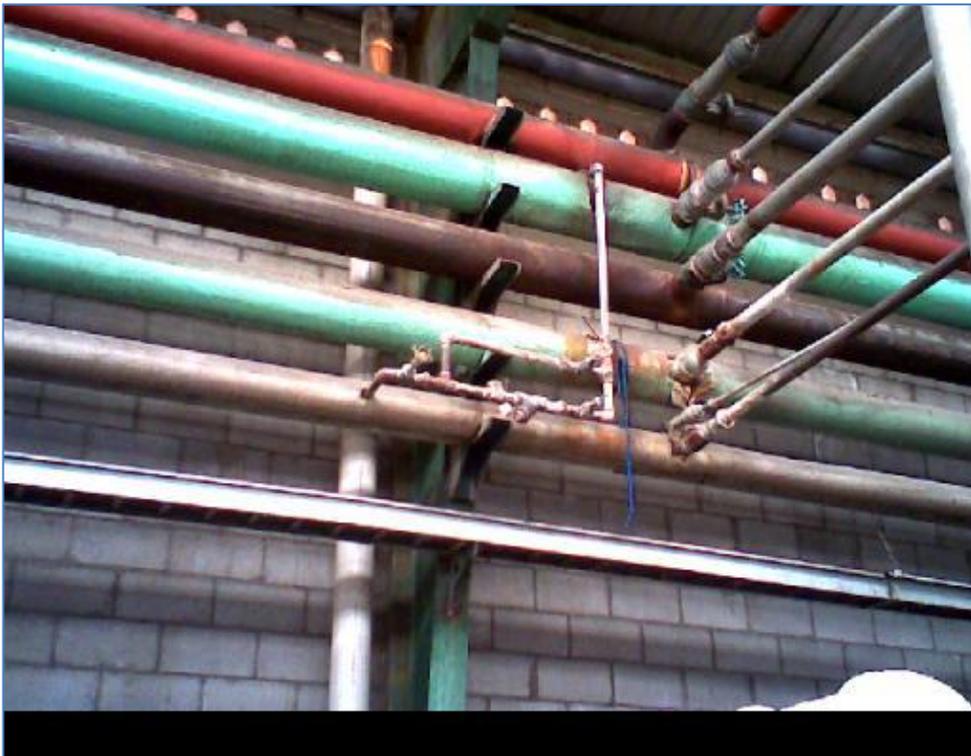
Figura 85. **Trampeo en cabezales de vapor caldera Power Master**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Las tuberías principales de vapor deben mantenerse libres de aire y de condensado para garantizar la eficiencia del equipo que trabaja con el recurso, un inadecuado trampeo en la tubería principal trae como consecuencias golpes de ariete y acumulación de condensado, lo cual genera daños graves a las válvulas de control y equipos conectados al sistema. La siguiente figura muestra el correcto trampeo en tuberías principales de vapor.

Figura 86. **Trampeo en tuberías principales**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Los ramales son las derivaciones de la tubería principal de vapor y tienen la función de llevar el suministro al equipo conectado, el sistema completo debe ser diseñado y conecta de tal forma que evite la acumulación de condensado en cualquier parte del sistema en sí, como se muestra a continuación en la figura.

Figura 87. **Trampeo en ramales de tubería de vapor**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.7.3. Selección de trampas y factores de seguridad

La selección del tipo adecuado de una trampa para las aplicaciones que se requieren es muy importante por lo que a continuación se presenta una tabla resumen de las principales aplicaciones de las trampas de vapor.

Tabla XXXVIII. Aplicaciones para las trampas de vapor

APLICACIÓN	PRIMERA ALTERNATIVA	SEGUNDA ALTERNATIVA
<i>Serpentines de calefacción de aire</i>		
Baja y media presión	Flotador y termostato	-
Alta presión	-	Termodinámica
<i>Calentadores de agua(instantáneos)</i>	Flotador y termostato	-
<i>Calentadores de agua(almacenamiento)</i>	Flotador y termostato	-
<i>Intercambiadores de calor</i>		
Pequeños-alta presión	Termodinámica	Flotador y termostato, termostática
Grandes-baja y mediana presión	Flotador y termostato	-
Re-calentadores	Flotador y termostato	-
<i>Recipientes con camisa de vapor</i>		
Alta presión	Termodinámica	Flotador y termostato, termostática, termodinámica
Baja presión	Flotador y termostato	Termodinámica
<i>Trampas para drenar líneas principales de vapor</i>		
0-15 psi	Flotador y termostato	-
16-125 psi	Termodinámica	Flotador y termostato, termostática, balde invertido
126-600 psi	Termodinámica	balde invertido, flotador y termostato
<i>Serpentines de tubería de vapor (calefacción de aire)</i>	Termostática de presión balanceada	Termodinámica
<i>Radiadores de vapor</i>	Termostática de presión balanceada	Termodinámica
<i>Separadores de vapor</i>		
0-15 psi	Flotador y termostato	-
16-125 psi	Termodinámica	Flotador y termostato, termostática, balde invertido
126-600 psi	Termodinámica	balde invertido
<i>Líneas de flujo de vapor</i>	Termodinámica	Termostática de presión balanceada
<i>Serpentines para tanque de almacenamiento</i>	Termostática de presión balanceada	Termodinámica
<i>Serpentines de calefacción sumergidos</i>		
Alta presión	Termodinámica	Termostática de presión balanceada
Baja y media presión	Flotador y termostato	-
<i>Calentadores unitarios</i>	Flotador y termostato	Termodinámica
Nota: Cuando se presentan condiciones poco comunes de: presión, golpes de ariete o corrosiones graves, ellas pueden influir en la selección de la trampa para vapor, para una aplicación determinada.		

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Es necesario también tomar en cuenta para la selección de trampas de vapor las ventajas y desventajas entre cada tipo de trampa como se muestra en la siguiente tabla, conociendo que algunas veces pueden dejar pasar vapor o perder calor por radiación y convección, lo cual interesa desde el punto de vista de la cantidad de energía que puede ser pérdida por diferentes tipos de trampas de vapor.

Tabla XXXIX. **Ventajas y desventajas de cada tipo de trampa de vapor**

PROPIEDADES	MECÁNICAS	TERMOSTÁTICAS	TERMODINÁMICAS
Tipo de operación	Intermitente	Intermitente	Intermitente
Capacidad de manejo de aire	Buena	Excelente	Mala
Respuesta	Inmediata	Buena	Lenta
Problemas por contrapresión	No	NO	Si
Manejo de suciedad	Excelente	Regular	Mala
Capacidad de purga	Buena	Buena	Buena
Acumulación de condensados	No	Si	Si
Duración	5 a 10 años	2 a 3 años	1 año

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El factor de seguridad juega un papel importante en la selección de una trampa, ya que este es la relación entre la capacidad de descarga máxima de la trampa para vapor y la carga de condensado esperada, por lo que manejar adecuadamente un factor de seguridad permitirá una correcta selección. El factor de seguridad es influenciado por:

- Características de operación de la trampa
- Exactitud de la carga de condensado estimada o calculada
- Condiciones de presión a la entrada y salida de la trampa

Si la carga de condensado y las condiciones de presión pueden ser determinadas y calculadas con precisión, entonces el factor de seguridad puede ser mínimo y evitar el sobredimensionamiento de las trampas de vapor como tal; la siguiente tabla muestra los factores de seguridad recomendados.

Tabla XL. **Factores de seguridad recomendados para trampas de vapor**

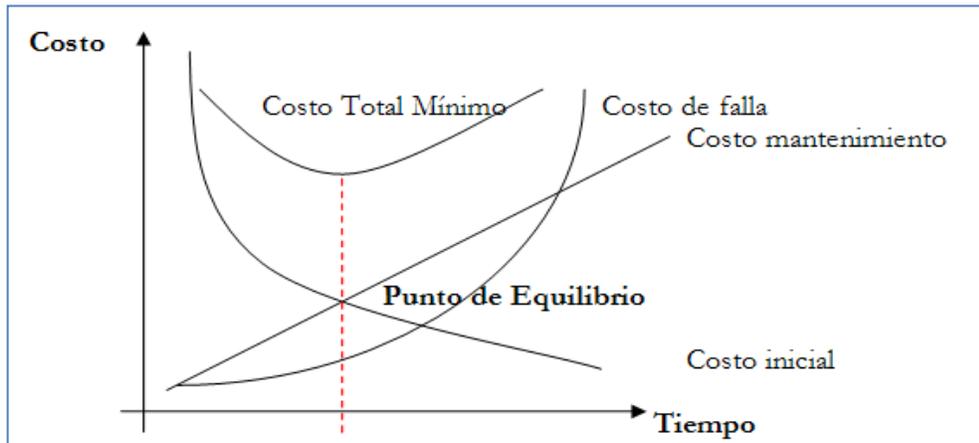
TIPO DE TRAMPA DE VAPOR	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO RECOMENDADO
Mecánica de Flotador y termostato	1,5
Mecánica de Balde invertido	2
Termodinámica de disco	2
Termostática de presión balanceada	2

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

2.8. Costos de mantenimiento

El mantenimiento conlleva a tener una serie de pasos y actividades que deben ser realizadas en las trampas de vapor e instalaciones de distribución y generación de vapor, con el fin de mantenerlas en un nivel de servicio adecuado para el cual fueron diseñadas. Los costos se comportan a lo largo del tiempo según se observa en la siguiente figura.

Figura 88. **Comportamiento de los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo**



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Todos los costos expuestos en el presente trabajo son extraídos de cotizaciones tanto nacionales como internacionales para las trampas de vapor, ya que existen modelos que no se encuentran en el país; además de tener datos históricos y estadísticas de costos y precios por distintas condiciones en los equipos de la maquinaria de Textisur.

2.8.1. Costo inicial del equipo

El costo inicial para las trampas de vapor según su tipo y marca es variable en el mercado, sabiendo que la depreciación es acelerada para estos dispositivos conforme pasa el tiempo de utilización; la siguiente tabla muestra el precio actual en el mercado para las trampas en condición nueva, utilizadas en la planta de Textisur.

Tabla XLI. **Costos unitarios iniciales de las trampas de vapor**

MODELO	MARCA	TIPO DE TRAMPA	DIÁMETRO DE CONEXIÓN (mm)	PRECIO (Q) c/u
TD-52	Spirax Sarco	Termodinámica	DN 15 (1/2")	858,00
			DN 20 (3/4")	1 131,00
			DN 25 (1")	5 460,00
WTD-52	Worcester	Termodinámica	DN 15 (1/2")	775,00
BPT-13SX;G	Spirax Sarco	Termostática de presión balanceada	DN 15 (1/2")	1 560,00
B-1H	Spirax Sarco	Mecánica de balde invertido	DN 15 (1/2")	1 755,00
			DN 20 (3/4")	1 365,00
PN 15/13	RIFOX	Mecánica de flotador y termostato	DN 15 (1/2")	1 552,00
PN 16/25	RIFOX	Mecánica de flotador y termostato	DN 25 (1")	1 600,00
BF 072793	Spirax Sarco	Mecánica de flotador y termostato	DN 20 (3/4")	1 949,00
FT 43-10	Spirax Sarco	Mecánica de flotador y termostato	DN 40 (1 1/2")	2 340,00
			DN 50 (2")	2 709,00
FT-125	Spirax Sarco	Mecánica de flotador y termostato	DN 40 (1 1/2")	3 000,00
FT-14	Spirax Sarco	Mecánica de flotador y termostato	DN 15 (1/2")	2 000,00
UNA 23	Gestra	Mecánica de flotador y termostato	DN 15 (1/2")	2 300,00
UNA 23 DUPLEX	Gestra	Mecánica de flotador y termostato	DN 15 (1/2")	2 500,00
GE CF8M	Douglas	Mecánica de flotador y termostato	DN 50 (2")	5 000,00
TOTAL COSTO INICIAL DE EQUIPO				37 854,00
DN = diámetro nominal en mm				

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El costo total inicial para el equipo asciende a Q 37 854,00 en condición de fábrica.

2.8.2. Costo de fallas

Aquí son consideradas las fallas que sufren las trampas por utilización en el tiempo y por falta de mantenimiento, de acuerdo a investigaciones en la institución el índice de falla con relación a los ciclos de inspección muestra el porcentaje de trampas falladas del total de trampas instaladas y en funcionamiento.

- 1 año 6-10 %
- 2 años 10-15 %
- 3 años 15-35 % tiempo de vida de una trampa de vapor
- 4 años > 36 %
- 5 años > 45 %
- Arriba de 5 años > 65 %

La siguiente tabla muestra los costos unitarios para las fallas que sufren las trampas de vapor con el tiempo de uso.

Tabla XLII. **Costos unitarios de falla en trampas de vapor**

TIPO DE FALLA	COSTO (Q)
Falla abierta	1 000,00
Falla cerrada	1 000,00
Opera con deficiencia	500,00
Inhabilitada	200,00
TOTAL	2 700,00

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Por lo que el costo por fallas en trampas de vapor se establece en Q 2 700,00 lo que demuestra que tener el equipo en estas condiciones con el tiempo genera grandes gastos de mantenimiento.

2.8.3. Costo de averías

Estos costos son medibles a partir de las fugas en los dispositivos, tubería corroída, mal aislamiento térmico, golpes, suciedad, mala instalación y selección, problemas en mecanismo interno; dependen del tipo de trampa que se encuentre instalada en el sistema, la siguiente tabla muestra de manera general en cualquier tipo de trampa, el costo en que se incurre por algunas de las averías antes mencionadas.

Tabla XLIII. **Costos por averías**

TIPO DE AVERÍA	COSTO (Q)
Corrosión	400,00
Suciedad	200,00
Aislamiento térmico	350,00
Golpes	300,00
Problemas en mecanismos internos	600,00
Mala instalación	200,00
Otros	450,00
TOTAL	2 500,00

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El costo total por averías en las trampas de vapor asciende a Q 2 500,00; según las condiciones dadas para los tipos de averías.

2.8.4. Costo de mantenimiento

El costo de mantenimiento está condicionado por los costos fijos y variables relacionados con las horas productivas de trabajo. Es así como se muestra la siguiente tabla que relaciona las horas de trabajo efectivas con el costo de mantenimiento, según historial del Departamento de Mantenimiento.

Tabla XLIV. **Costos de mantenimiento por horas de trabajo**

TIEMPO PRODUCTIVO (horas)	COSTO (Q)
10 000	72 000,00
6 000	50 000,00
4 000	22 000,00

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Estableciendo un costo por hora teniendo la capacidad mínima, tanto en horas de actividad como en costos de mantenimiento:

$$\frac{Q 22\ 000,00}{4\ 000\ h} = \frac{Q 5,50}{h}$$

El valor por hora es de Q 5,50 correspondiente al costo variable por hora productiva. De modo que si este se multiplica por el número de horas en cada tiempo productivo y se establece el promedio se tiene:

$$\frac{Q 50\ 000,00}{3} = Q 16\ 666,67$$

Por lo que el costo fijo de mantenimiento en que se incurre es de Q 16 666,67.

2.8.5. Costo total mínimo

La suma del costo de mantenimiento fijo, costos de fallas y costos de averías; forman parte del costo total mínimo de mantenimiento para las trampas de vapor; según se especifica en la siguiente tabla.

Tabla XLV. Costo total mínimo de mantenimiento

DETALLE DEL COSTO	COSTO (Q)
Costo de falla	2 700,00
Costo de avería	2 500,00
Costo de mantenimiento fijo	16 666,67
TOTAL	21 866,67

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Por lo que el costo total mínimo por mantenimiento en las trampas de vapor es de Q 21 866,67.

2.8.6. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio para el mantenimiento de trampas de vapor viene dado por la igualdad:

$$\text{Punto equilibrio} = \frac{\text{Costos fijo total}}{\text{margen de mantenimiento (Mman)}}$$

Mientras que el margen de mantenimiento es asociado al costo variable unitario y al costo unitario por producción de vapor en las trampas.

$$M_{\text{man}} = \text{costo unitario vapor} - \text{costo unitario variable}$$

De datos anteriores para el costo unitario de producción de vapor se tiene que un kilogramo de vapor cuesta Q 0,3911, mientras que el costo de vapor en una trampa en forma general según investigaciones es de Q 40 por cada kilogramo; con lo que se tiene el costo unitario de vapor por trampa de:

$$\frac{Q\ 0,3911}{\text{kg}} \times \frac{40\ \text{kg}}{\text{h}} = \frac{Q\ 10,144}{\text{h}}$$

El margen de mantenimiento viene dado por

$$M_{\text{man}} = \frac{Q\ 10,144}{\text{h}} - \frac{Q\ 5,50}{\text{h}} = \frac{Q\ 4,64}{\text{h}}$$

El punto de equilibrio de mantenimiento en las trampas de vapor respecto del tiempo según gráfico de costos viene dado por:

$$\text{Punto equilibrio} = \frac{Q\ 16\ 666,67}{Q4,64 / \text{h}} = 3\ 671,07\ \text{h} \cong 5,10\ \text{meses}$$

Lo que significa que se debe dar una inspección de mantenimiento preventivo a las trampas en un período de 5 meses promedio, en el que no se tengan muchas fallas en las trampas y no se pierda mucho tiempo y dinero en la producción de vapor.

2.9. Costos de distribución y generación de vapor

Para la empresa es importante conocer los costos en que se incurre por distribuir y generar vapor, debido a los siguientes aspectos:

- Evaluar a través de los aspectos económicos la eficiencia energética y el mejoramiento de la capacidad de generación y distribución de vapor con el fin de aprobar o rechazar proyectos de cogeneración
- Servir como base para optimizar los sistemas de distribución y generación de vapor y minimizar los costos asociados.
- Mejorar la base económica en el mantenimiento de la planta.

2.9.1. Costo de distribución

El costo de distribución viene dado por la tubería que transporta el vapor del cuarto de calderas de vapor a los equipos.

El hallazgo encontrado en la empresa en cuanto al costo de distribución mayoritario se encuentra en el aislamiento de la tubería de transporte, ya que la falta de aislamiento provoca un intercambio de calor entre el ambiente y el fluido que transporta la tubería, representando pérdidas de calor al ambiente que se convierten en un gasto mayor de combustible.

La siguiente tabla muestra costo total por distribución de vapor en cuanto a tubería de transporte, tomando detenidamente las piezas de aislamiento y la longitud de la tubería como tal.

Tabla XLVI. **Costo de distribución de vapor por aislamiento en tuberías**

Diámetro de tubería (pulgadas)	Longitud (metros)	Espesor del aislamiento (pulgadas)	Piezas de aislamiento	Precio unitario (Q)	Precio total (Q)
8	300	2*1.5	12	1,120	26,880
6	120	2*1.5	5	1,120	11,200
4	50	2	2	1,614	3,228
3	250	2	10	1,614	16,140
2 ½	100	1.5	4	1,120	4,480
2	150	1.5	6	1,120	6,720
1	40	1.5	2	1,120	2,240
TOTAL					70,888

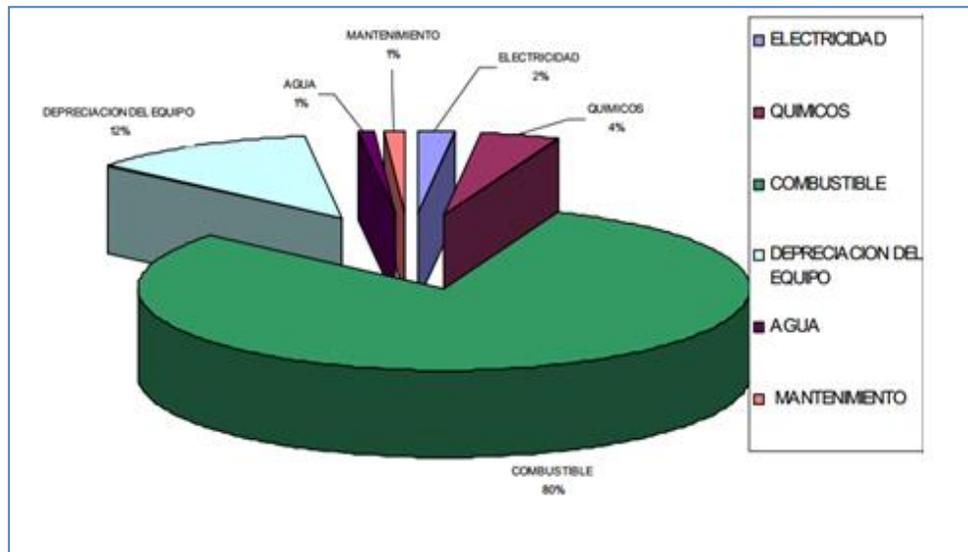
Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

Por lo que el costo de distribución de vapor por las tuberías tomando como referencia el aislamiento térmico es de Q 70 888,00.

2.9.2. Costo de generación

Los costos de generación en la empresa ascienden a un 80% respecto al factor de combustible bunker como se muestra en la siguiente figura, la caldera como tal; está involucrada y asociada a los costos de generación ya que de ella deriva el recurso necesario para los procesos industriales de acabados, tintorería cerrada, tintorería continua y engomado.

Figura 89. Factores asociados con los costos de generación de vapor



Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El detalle del costo operacional de la caldera *Power Master* por día, respecto a la generación de vapor se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XLVII. Costos operacionales de caldera

DETALLE DEL COSTO OPERACIONAL DE CALDERA POR DÍA	COSTO (Q)
Suministro de agua primaria y alcantarillado	921,00
Tratamiento de agua de alimentación	521,87
Energía eléctrica de las bombas de alimentación de agua	170,69
Energía eléctrica del ventilador de aire de combustión	463,96
Disposición de cenizas	262,50
Control de emisiones	112,50
Consumo de combustible bunker	2 198,10
Mano de obra y gastos de mantenimiento	1 300,00
TOTAL	5 950,62

Fuente: Departamento de Mantenimiento. Textisur.

El costo de generación de vapor por día es de Q 5 950,62, en donde se refleja que el mayor costo según la tabla indicada anteriormente se debe al costo de combustible bunker.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN EL ÁREA DE TEJEDURÍA RECTILÍNEA

Con el fin de establecer eficiencias en el uso de energía, reducir los costos de producción y administración de la empresa; contribuir con la disminución en el impacto ambiental de los productos mediante diseños amigables al medio ambiente y de acuerdo con los requerimientos del mercado, se establecen en el presente capítulo las mejoras en las condiciones energéticas para el área de Producción de Tejeduría Rectilínea.

El Departamento de Tejeduría Rectilínea produce anualmente alrededor de 12 400 000 yardas de tela tipo *lycra* y *nylon*, Textisur tiene un consumo en energía eléctrica mensual promedio de 1 295 878 kWh; sabiendo que el precio de la electricidad varía cada tres meses, es necesario establecer y controlar el consumo de este recurso, ya que representa una valoración económica tanto en inversión como en ahorro muy significativa, la figura que se muestra contempla el alumbrado actual del área referida.

Figura 90. **Iluminación en el área de tejeduría rectilínea**



Fuente: Departamento de Seguridad Industrial. Textisur.

3.1. Determinación de la cantidad total de luminarias del área de Tejeduría rectilínea

La determinación para la cantidad de luminarias en esta área se hace por medio de observación directa, confrontado con el inventario actual de la institución.

Es importante conocer que las luminarias actualmente trabajan los 365 días del año, 12 horas al día; además durante la observación para el análisis de iluminación se tiene que la cantidad de lúmenes presentes no son los requeridos por las normas estándar.

3.1.1. Cálculo de área de tejeduría rectilínea

Por medio de una cinta de medición para grandes longitudes, se determinó el área física del Departamento de Tejeduría Rectilínea obteniendo el siguiente resultado:

- Largo: 74,26 m
- Ancho: 20,4 m
- Área: 1 514,90 m²

Con el cálculo anterior de área se debería tener un máximo de 186 tubos instalados en el área especificada.

3.1.2. Cálculo de luminarias T-12

Según inventario se tienen 178 tubos T-12 con una potencia de 40 W con un tiempo de uso de 12 horas diarias, los 365 días al año.

3.2. Tipo de luminarias en el área de tejeduría rectilínea

Las lámparas fluorescentes T-12 presentan una vida útil entre 7 500 a 12 000 horas con un balastro electromagnético, que pueden ser sustituibles por un balastro electrónico con menos pérdidas de energía.

3.2.1. Cálculo de eficiencia en lámparas T-12

La eficiencia en las lámparas T-12 es medida a partir de la relación entre el flujo luminoso y la potencia de la misma, la luminaria T-12 de 40 W presenta una eficiencia de 66 lm/W; con una temperatura en operación de 40 °C.

3.2.2. Consumo que presenta cada luminaria del área

El consumo mensual por luminaria T-12 es de Q 17,96 cada una, lo que hace un consumo total mensual de Q 3 197; tomando en cuenta que el precio tomado es de 1,23 Q/KWh según Comercializadora Eléctrica de Guatemala S.A. (COMEGGSA) para el mercado mayorista.

3.2.3. Determinación de consumo eléctrico con luminarias T-12

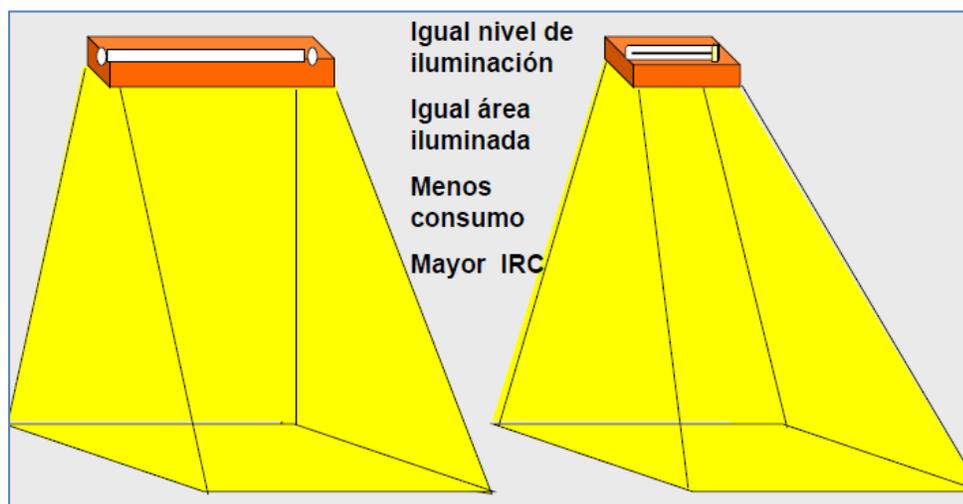
Utilizando los parámetros y el precio para el mercado mayorista se calcula el consumo energético mensual para las luminarias T-12 en el área de Tejeduría Rectilínea en 2 599 KWh/mes.

3.3. Propuesta de cambio de luminarias T-12 a luminarias T-8 para el área de Tejeduría Rectilínea

La propuesta de cambio de luminarias T-12 a luminarias T-8 surge debido a los parámetros de ventajas y diferencias entre una luminaria y otra, sabiendo que la potencia consumida por tubo T-12 es de 40 W mientras que el reemplazo a tubo T-8, consumirá 32 W; durante el análisis se determina que la sustitución de tubos T-12 por T-8 será la misma cantidad de tubos.

Un comparativo de dimensiones entre cada luminaria muestra que poseen igual nivel de iluminación, igual área iluminada pero existe menos consumo y mayor índice de rendimiento cromático (IRC); como se muestra en la siguiente figura.

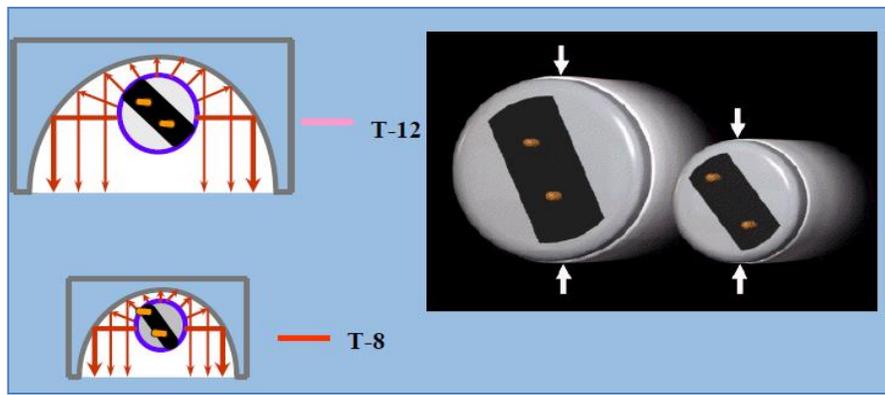
Figura 91. **Comparativo entre dimensiones de luminarias T-12 y T-8**



Fuente: Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior. *Sistema de Información Energética de Guanajuato*. http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/AI_Lamparasfluorescente.pdf. Consulta: marzo de 2013.

Así como la reducción en el diámetro del bulbo significa el uso de un reflector de 40 % más pequeño reduciendo el efecto de sombra y haciendo el sistema más eficiente como se muestra en la figura.

Figura 92. **Comparativo entre bulbos de luminarias T-12 y T-8**

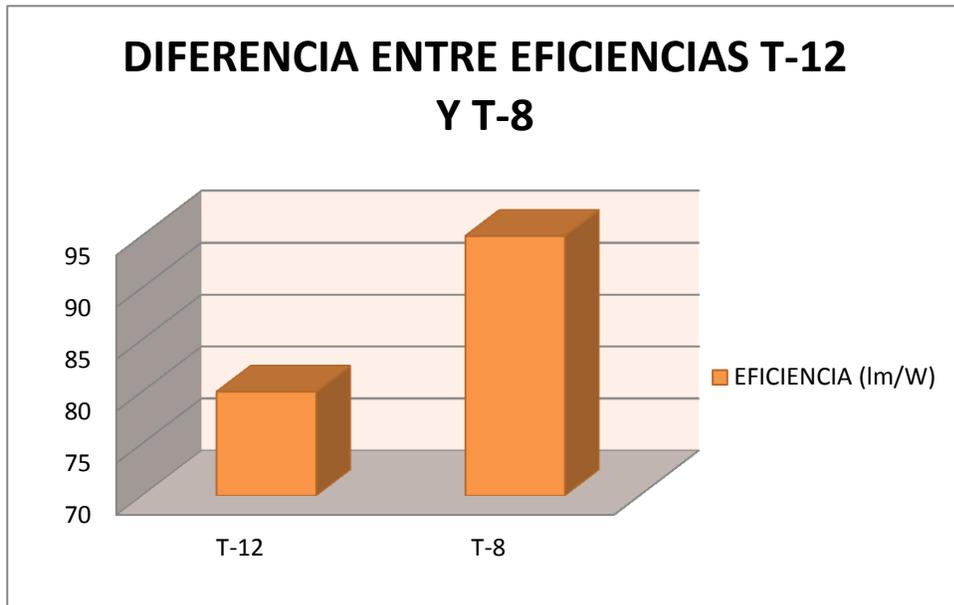


Fuente: Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior. *Sistema de Información Energética de Guanajuato*. http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/AI_Lamparasfluorescente.pdf. Consulta: marzo de 2013.

3.3.1. **Cálculo de eficiencia en lámparas T-8**

La eficiencia en las lámparas T-8 es medida a partir de la relación entre el flujo luminoso y la potencia de la misma, la luminaria T-8 de 32 W presenta una eficiencia de 92 lm/W; con una temperatura en operación cuando alcanza el mayor flujo luminoso de 25 °C. La siguiente figura muestra la diferencia de eficiencias entre las luminarias T-12 y T-8.

Figura 93. **Comparativo entre eficiencias de luminarias T-12 y T-8**



Fuente: Departamento de Seguridad Industrial. Textisur.

3.3.2. **Consumo que presenta cada luminaria del área**

El consumo mensual por luminaria T-8 de 32 W es de Q 14,36 cada una, lo que hace un consumo total mensual de Q 2 557; tomando en cuenta que el precio tomado es de 1,23 Q/KWh según Comercializadora Eléctrica de Guatemala S.A. (COMEGSA) para el mercado mayorista.

Con lo que se tiene un ahorro de consumo mensual respecto a la luminaria T-12 de Q 639,30.

3.3.3. Determinación de consumo eléctrico con luminarias T-8

Utilizando los parámetros y el precio para el mercado mayorista se calcula el consumo energético mensual para las luminarias T-8 de 32 W en el área de Tejeduría Rectilínea en 2 079 KWh/mes.

El ahorro por consumo energético mensual respecto de la luminaria T-12 es de 519,76 KWh/mes.

3.3.4. Costos por propuesta de cambio de luminarias

Para el área de Tejeduría Rectilínea se muestra la siguiente tabla de costos por cambio de luminarias.

Tabla XLVIII. **Costos por cambio de luminarias**

ÁREA DE TEJEDURÍA RECTILÍNEA			
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (Q)	TOTAL (Q)
T-8 de 32 W	178	8,75	1 558
Balastro de 32 W	89	85	7 565
TOTAL	267	93,75	9 123

Fuente: Departamento de Seguridad Industrial. Textisur.

Lo que representa una inversión para la empresa de Q 9 123 por el cambio de luminarias T-12 a T-8, con un período simple de retorno de inversión de 1,19 años aproximadamente 1 año con 2 meses.

El impacto ambiental por cambiar las luminarias T-12 a T-8 se refleja en la reducción de emisiones al ambiente con un factor de emisión de 0, 7804 lbCO_{2eq}/KWh en:

$$\frac{0,7804 \text{ lbCO}_{2\text{eq}}}{\text{KWh}} \times \frac{519,76 \text{ KWh}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ ton}}{2,204 \text{ lb}} = 184,04 \text{ ton CO}_{2\text{eq}}/\text{mes}$$

Por lo que el beneficio ambiental es de 184,04 ton CO_{2eq}/mes, haciendo referencia que la implementación se puede realizar en forma gradual es decir; conforme los tubos instalados actualmente terminen la vida útil se reemplaza por tubos T-8.

4. FASE DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE. PLAN DE CAPACITACIÓN

Textiles del Sur Internacional pretende llevar al personal operativo y administrativo, a tomar la jornada laboral dentro de las instalaciones como un medio de retroalimentación entre hombre y máquina; en el aspecto de fortalecimiento de conocimientos y herramientas necesarias para el buen desempeño y calidad en los procesos de manufactura.

Por tal razón, la institución promueve, facilita y contempla dentro de sus planes de trabajo; capacitaciones continuas, programas de adiestramiento y visitas de proveedores de gran peso en el mercado de textiles, con el fin de elevar sus expectativas económicas y laborales respecto de las competencias directas.

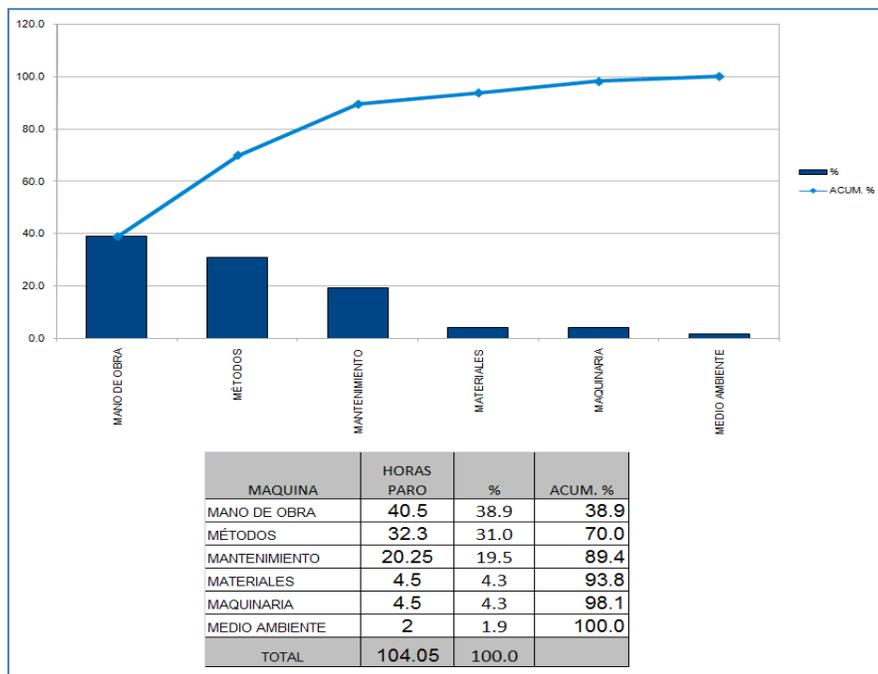
El presente capítulo desarrolla el diagnóstico, la programación, la planificación y evaluación final para las capacitaciones impartidas con los temas principales de termografía infrarroja, seguridad industrial en el recurso del vapor y ahorro energético como parte elemental de producir generando condiciones favorables al ambiente, los operarios y los insumos como tal.

4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

Por medio del Diagrama de Pescado se contemplan las principales necesidades de capacitación para los temas abordados en el presente trabajo.

Resaltando la necesidad de capacitar al personal en torno al mantenimiento predictivo y el uso de ensayos no destructivos como la termografía infrarroja. Asimismo, crear la concientización en el personal y dueños de la empresa para el ahorro de recursos tales como el vapor y la energía eléctrica. El diagrama que se muestra contempla un sondeo de horas paro para la maquinaria de producción de la empresa, en la que se destaca; la mano de obra no calificada y los métodos utilizados para resolver tareas de mantenimiento cotidianos.

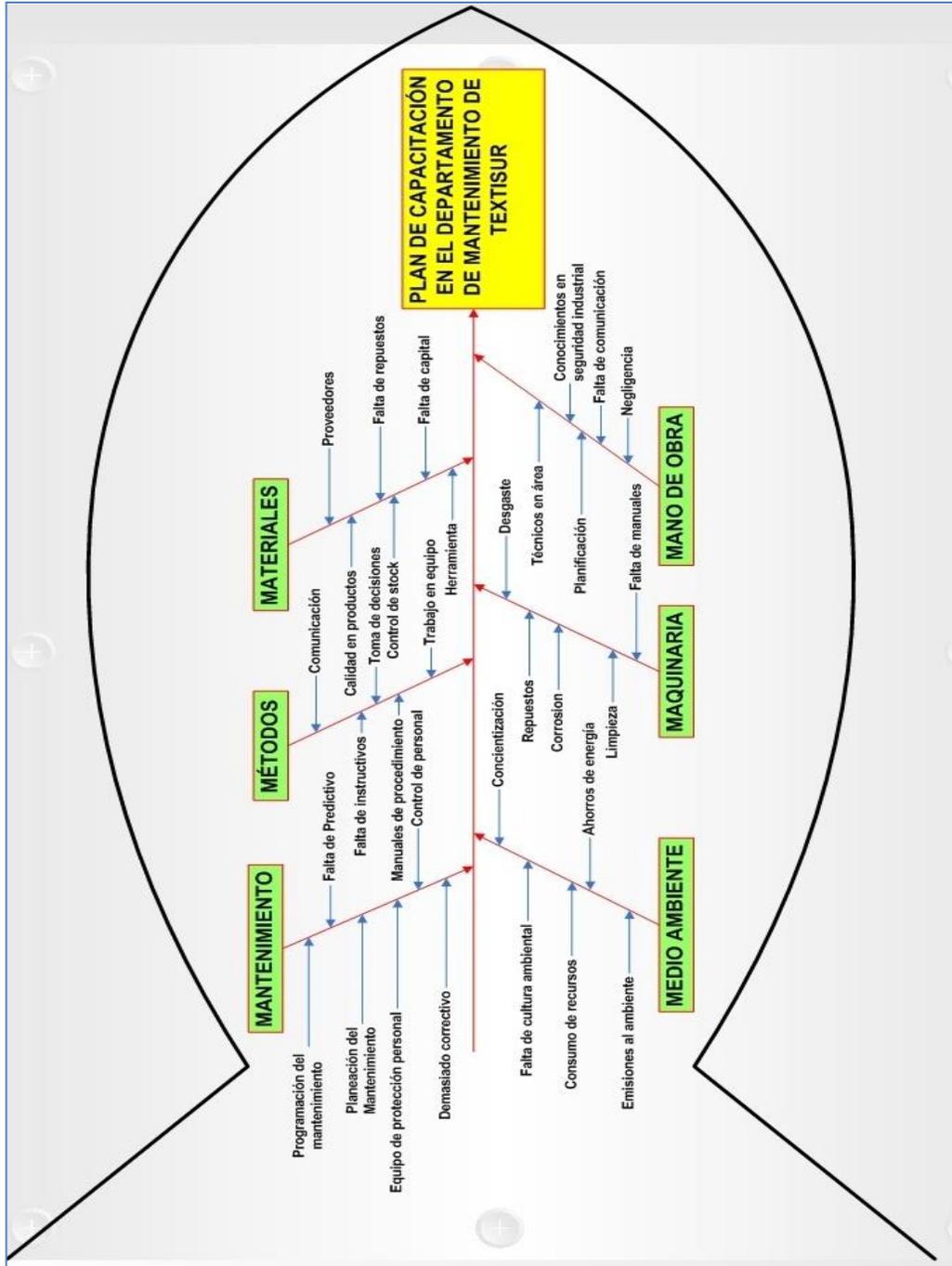
Figura 94. **Diagrama de Pareto para la necesidad de capacitación**



Fuente: Departamento de Recursos Humanos. Textisur.

La figura muestra el diagnóstico establecido a partir de los hallazgos contemplados para entender que es necesario tomar en cuenta el plan de capacitación para el personal de mantenimiento en la institución.

Figura 95. Diagnóstico de necesidades de capacitación



Fuente: Departamento de Recursos Humanos. Textisur.

4.2. Planificación de capacitaciones

En la siguiente tabla se detalla la planificación para cada capacitación impartida a los jefes de área del Departamento de Mantenimiento.

Tabla XLIX. Planificación de las capacitaciones

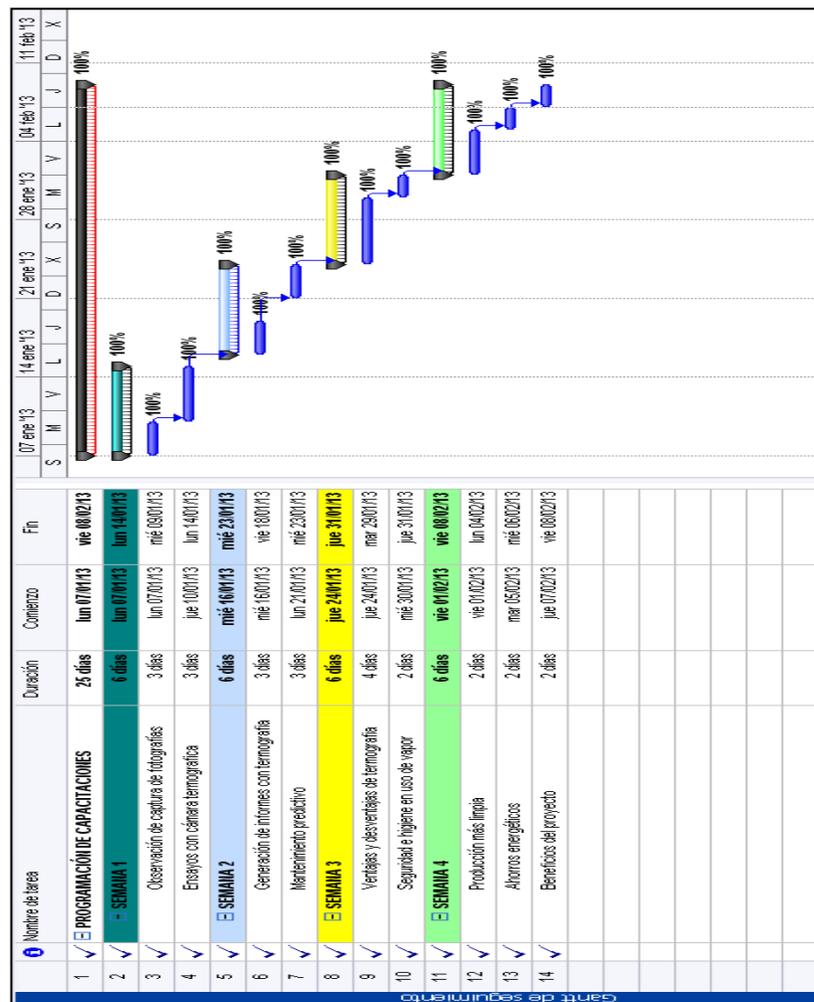
TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TÉCNICO RESPONSABLE: ELIUD OSORIO AUTORIZADO POR: ING. OMAR CRUZ						
FECHA	DECLARATIVOS	CONTENIDO PROCEDIMENTALES	ACTITUDINALES	INDICADOR DE LOGRO	RECURSOS	EVALUACIÓN
07-01-13 al 09-01-13	Observación de captura de fotografías	*Funciones de cámara. *Localización de objetivo *Disparo de fotografía	*Participa y colabora voluntariamente en la actividad	*Sigue instrucciones *Observa analíticamente	*Técnicos *Operarios *Cámara *Hojas de resultado	*Cuestionamientos *Verbetes
10-01-13 al 14-01-13	Ensayos con cámara termográfica	*Verificación de emisividades *Tipos de palkets *Tipos de IR fusion *Temperaturas máximas, mínimas y promedio	*Participa y colabora voluntariamente en la actividad	*Sigue instrucciones *Utiliza la cámara termográfica	*Técnicos *Operarios *Cámara *Hojas de resultado	*Hoja de resultados de fotografías termográficas
16-01-13 al 18-01-13	Generación de informes con termografía	*Uso de software SmartView 2.1 *Tipos de extensión de documentos *Asistente de informes termográficos	*Participa y colabora voluntariamente en la actividad	*Genera informes termográficos *Utiliza herramientas del software SmartView 2.1	*Técnicos *Software termográfico *Cámara *Hojas de resultado	*Entregar informe termográfico
21-01-13 al 23-01-13	Mantenimiento predictivo	*Termografía en mantenimiento predictivo	*Participa y colabora voluntariamente en la actividad	*Sigue instrucciones *Observa analíticamente	*Técnicos *Operarios *Cámara *Presentaciones	*Cuestionamiento escrito
24-01-13 al 29-01-13	Ventajas y desventajas de termografía	*Ventajas de uso de termografía *Desventajas de uso de termografía	*Participa y colabora voluntariamente en la actividad	*Sigue instrucciones *Observa analíticamente	*Técnicos *Operarios *Cámara *Presentaciones	*Cuestionamiento escrito
30-01-13 al 31-01-13	Seguridad e higiene en uso de vapor	*Equipo de protección personal para altas temperaturas *Trabajos con recurso de vapor *Ergonomía del trabajo *Condiciones y actos inseguros para trabajos con recurso de vapor	*Participa y colabora voluntariamente en la actividad	*Sigue instrucciones *Observa analíticamente	*Técnicos *Operarios *Material de apoyo *Presentaciones	*Cuestionamiento escrito y verbal
01-02-13 al 04-02-13	Producción más limpia	*Emisiones al ambiente *Producir sin dañar *Eficiencia de los recursos	*Participa y colabora voluntariamente en la actividad	*Sigue instrucciones *Observa analíticamente	*Técnicos *Operarios *Material de apoyo *Presentaciones	*Cuestionamiento escrito y verbal
05-02-13 al 06-02-13	Ahorros energéticos	*Ahorro en energía eléctrica	*Participa y colabora voluntariamente en la actividad	*Sigue instrucciones *Observa analíticamente	*Técnicos *Operarios *Material de apoyo *Presentaciones	*Cuestionamiento escrito y verbal
07-02-13 al 08-02-13	Beneficios del proyecto	*Costos generados *Ventajas y desventajas del proyecto *	*Participa y colabora voluntariamente en la actividad	*Sigue instrucciones *Observa analíticamente	*Técnicos *Operarios *Material de apoyo *Presentaciones	*Cuestionamiento escrito y verbal
Eliud Osorio E.P.S. Mecánica Industrial			Ing. Omar Cruz Gerente Mantenimiento		Ing. Alex Carías Gerente Seguridad Industrial	

Fuente: Departamento de Recursos Humanos. Textisur.

4.3. Programación de las capacitaciones

El tiempo necesario para las capacitaciones impartidas se da en aproximadamente 25 días de período laboral, dividiendo cada una de ellas en 4 semanas conforme a los temas abordados según se aprecia en la siguiente figura de diagrama de seguimiento de Gantt.

Figura 96. Programación de las capacitaciones



Fuente: Departamento de Recursos Humanos. Textisur.

4.4. Evaluación de las capacitaciones

El resultado de las evaluaciones promedia un puntaje de 77,35 puntos, según la siguiente tabla sobre cuestionarios escritos para las subejefaturas de mantenimiento, resaltando que las personas que se sometieron a la prueba son las de mayor experiencia laboral dentro de cada ramo.

Tabla L. Evaluación de las capacitaciones

TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO 							
TÉCNICO RESPONSABLE: ELIJIO OSORIO AUTORIZADO POR: ING. OMAR CRUZ							
No. TRABAJADORES DEL ÁREA EVALUADAS: 5 PERSONAS PERÍODO DE REALIZACIÓN: 7/11/13 AL 8/21/13 HORA, SEGÚN PROGRAMACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO							
SEMANA	ASPECTOS A EVALUAR	NOMBRE DEL TRABAJADOR	PUESTO	ÁREA DE MANTENIMIENTO	EXPERIENCIA LABORAL EN LA EMPRESA (años)	RESULTADO	
1	*Observación de captura de fotografías *Ensayos con cámara termográfica	César Tevelán	Jefe de Mecánicos	Taller de Mecánica	15	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Luis Solomán	Jefe de Electricistas y Electrónicos	Taller Eléctrico y Electrónico	18	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Luis Sumalé	Jefe de Compresores de Aire	Taller de Neumática y Compresores	2	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Carlos Sanzizo	Jefe de Calderas y Plomería	Calderas Térmicas y de Vapor	8	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Eswin Castro	Jefe de Aire Acondicionado	Taller de Aire Acondicionado	5	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
2	*Generación de informes con termografía *Mantenimiento predictivo	César Tevelán	Jefe de Mecánicos	Taller de Mecánica	15	*Evaluación escrita	INSATISFACTORIO
		Luis Solomán	Jefe de Electricistas y Electrónicos	Taller Eléctrico y Electrónico	18	*Evaluación escrita	INSATISFACTORIO
		Luis Sumalé	Jefe de Compresores de Aire	Taller de Neumática y Compresores	2	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Carlos Sanzizo	Jefe de Calderas y Plomería	Calderas Térmicas y de Vapor	8	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Eswin Castro	Jefe de Aire Acondicionado	Taller de Aire Acondicionado	5	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
3	*Verdías y desventiladas de termografía *Seguridad e higiene en uso de vapor	César Tevelán	Jefe de Mecánicos	Taller de Mecánica	15	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Luis Solomán	Jefe de Electricistas y Electrónicos	Taller Eléctrico y Electrónico	18	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Luis Sumalé	Jefe de Compresores de Aire	Taller de Neumática y Compresores	2	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Carlos Sanzizo	Jefe de Calderas y Plomería	Calderas Térmicas y de Vapor	8	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Eswin Castro	Jefe de Aire Acondicionado	Taller de Aire Acondicionado	5	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
4	*Producción más limpia *Hornos energéticos *Beneficios del proyecto	César Tevelán	Jefe de Mecánicos	Taller de Mecánica	15	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Luis Solomán	Jefe de Electricistas y Electrónicos	Taller Eléctrico y Electrónico	18	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Luis Sumalé	Jefe de Compresores de Aire	Taller de Neumática y Compresores	2	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Carlos Sanzizo	Jefe de Calderas y Plomería	Calderas Térmicas y de Vapor	8	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
		Eswin Castro	Jefe de Aire Acondicionado	Taller de Aire Acondicionado	5	*Evaluación escrita	SATISFACTORIO
Elijio Osorio E.P.S. Mecánica Industrial					Ing. Omar Cruz Gerente Mantenimiento	Ing. Alex Carías Gerente Seguridad Industrial	

Fuente: Departamento de Recursos Humanos. Textisur.

CONCLUSIONES

1. La implementación de la termografía infrarroja en los dispositivos termodinámicos como lo son las trampas de vapor permite conocer de manera concreta y verídica el estado actual del dispositivo, por otra parte; los ahorros tanto en consumo económico, como energético por el cambio de luminarias en el área de Tejeduría Rectilínea se dan de manera factible y viable como parte de una producción más limpia en la empresa.
2. De un total de 111 trampas de vapor instaladas tanto en la maquinaria como en las tuberías de alimentación de vapor y condensado, solamente 30 operan con normalidad según las imágenes termográficas; lo representa una pérdida de vapor de 72 % en la operación de estos dispositivos termodinámicos haciendo el ciclo de vapor ineficiente.
3. Por medio del análisis de la termografía infrarroja se determinó que de 111 trampas de vapor que posee la empresa, revela que el 33 % sufren de falla abierta, el 27 % se encuentran operando normalmente, el 24 % opera con deficiencia, el 14 % presentan falla cerrada y el 2 % se encuentra en condición inhabilitada.
4. El costo de ahorro por aplicar el mantenimiento predictivo por medio de la termografía infrarroja a las trampas de vapor en mal estado por pérdidas de vapor vivo es de Q 17 787,62 que representa un 63,30 %, teniendo una inversión por cambios de Q 15 300 y un retorno simple de inversión de 49 días.

5. Un comparativo entre luminarias T-12 y T-8 muestra que poseen igual nivel de iluminación, igual área iluminada pero existe menos consumo y por ende menos costos; teniendo un ahorro en consumo mensual de Q 639,30 y un ahorro en consumo energético mensual de Q 519,76 KWh/mes.
6. El costo total de inversión por cambiar las luminarias T-12 a T-8 en el área de Tejeduría Rectilínea es de Q 9 123 con un retorno simple de la inversión de 1 año con 2 meses; haciendo referencia que la implementación se puede realizar en forma gradual es decir; conforme los tubos instalados actualmente terminen la vida útil se reemplaza por tubos T-8.
7. Los beneficios por mantener un control adecuado en las trampas de vapor por medio de un mantenimiento predictivo se reflejan en los costos de distribución, generación y utilización de vapor en los equipos instalados, por otro lado; el beneficio ambiental por el cambio de luminarias en el área de tejeduría rectilínea es de 184,04 tonCO_{2eq}/mes.
8. Por medio del cuestionario escrito y las charlas con presentaciones sobre aplicación de termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de trampas de vapor, además de concientizar al personal sobre ahorro energético y de recursos para una producción más limpia; se logra establecer los beneficios que se pueden obtener por aplicar y abordar con seriedad los temas descritos.

RECOMENDACIONES

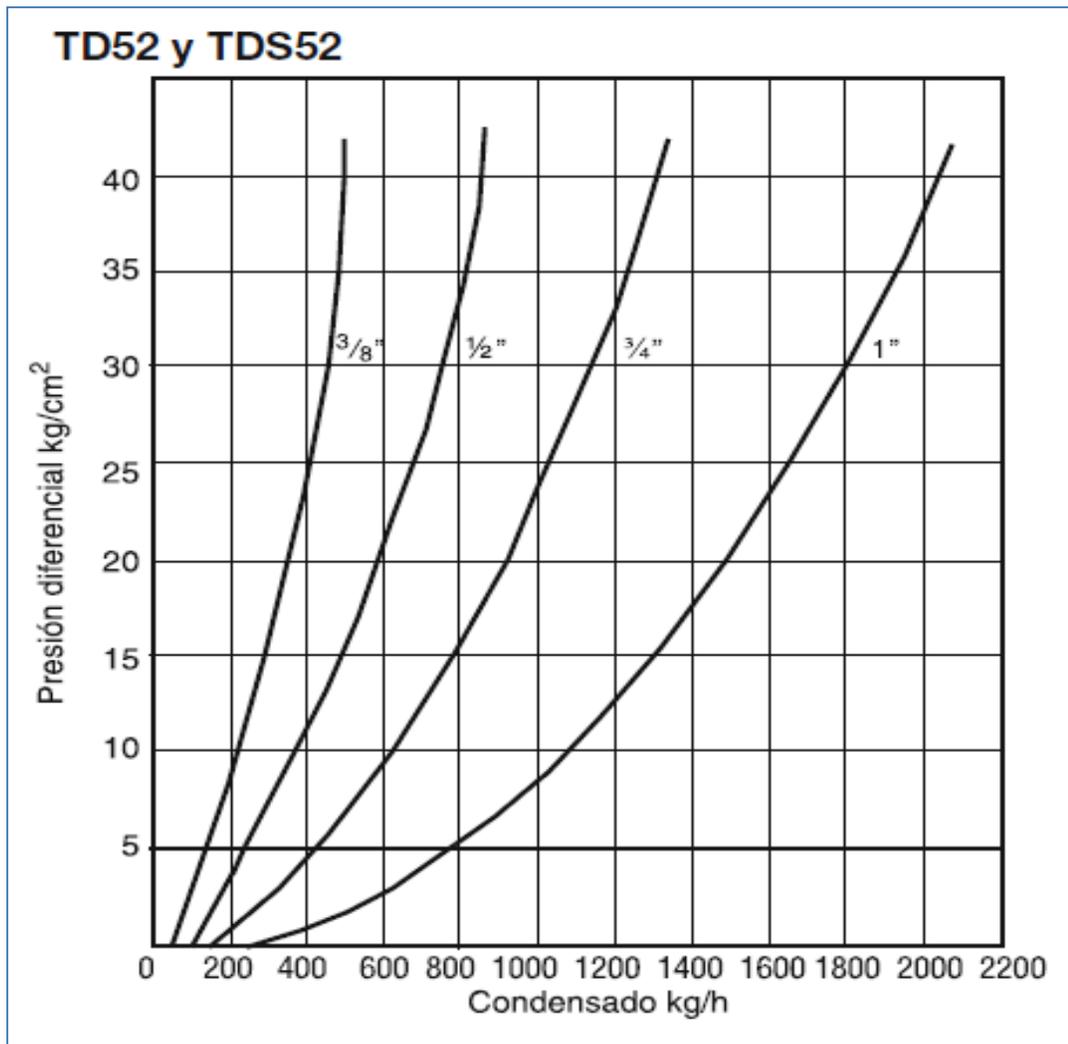
1. Según el punto de equilibrio encontrado para los costos de mantenimiento es indispensable la periodicidad de revisión en trampas entre un período de 5 a 6 meses; contemplando análisis termográfico para establecer pérdidas por vapor vivo.
2. Es indispensable mantener en correctas condiciones los intercambiadores de calor, sin fugas y en condiciones de transferencia de energía favorables, ya que el mal estado de estos dispositivos crean fuertes problemas en las purgas de vapor, filtros y tubería de drenado en maquinaria.
3. Definitivamente el cambio en luminarias del área de Tejeduría Rectilínea es indispensable se tendría un ahorro aún mayor si las actuales luminarias fueran cambiadas por tecnología led.
4. Manejar un adecuado control de recursos, por medio de reportes de energía eléctrica, condicionaría a la empresa a guiarse por medio índices que le permitan mantener picos de consumos estables y aprovechados al máximo.
5. Evaluar constantemente al personal de mantenimiento en cuanto a ensayos no destructivos y la detección temprana de fallas, por medio del mantenimiento predictivo además de facilitar la capacitación constante en cada uno de los integrantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Armstrong Internacional Inc. *Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados*. Michigan, Estados Unidos Americanos: Armstrong Internacional Inc., 1998. 54p
2. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. *Tipos de trampas de vapor*. [en línea]. <http://www.cnpml.org.sv/ucatee/ee/docs/trampas_de_vapor_1_1.pdf> [Consulta: diciembre de 2012].
3. Fluke Corporation. *Manual de uso, Thermal Imagers Ti10, Ti25, TiR and TiR1*. Everett, WA, EE.UU: Fluke Corporation. PN 2803044, 2007. 20p.
4. _____. *Manual SmartView 2.1 Help*, Everett, WA, EE.UU: Fluke Corporation. PN 2803044, 2007.68p.
5. KAPLAN, Herbert. *Usos prácticos de la detección por termografía infrarroja y equipo de proyección de imagen*. 2a ed. Estados Unidos: S.E. 2002. 150p. ISBN: 970-15-0993-5.
6. MONGE, Maricela. *PROCESOS DE TEÑIDO POR AGOTAMIENTO EN FIBRAS CELULOSAS Y POLIÉSTER*. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México, 1995. 76p.
7. Spirax Sarco. *Guía de referencia técnica. Purga de vapor y eliminación de*. Buenos Aires, Argentina: Spirax Sarco, 1999. 116p.

ANEXOS

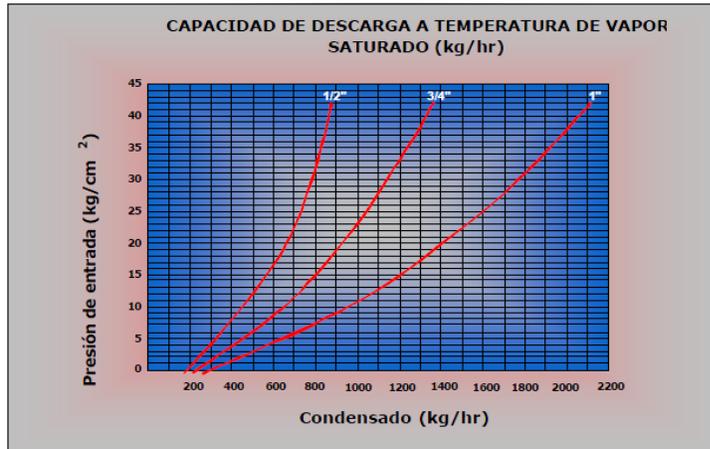
Anexo 1. **Gráfica de capacidad de descarga para trampa de vapor modelo TD-52 Spirax Sarco**



Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .

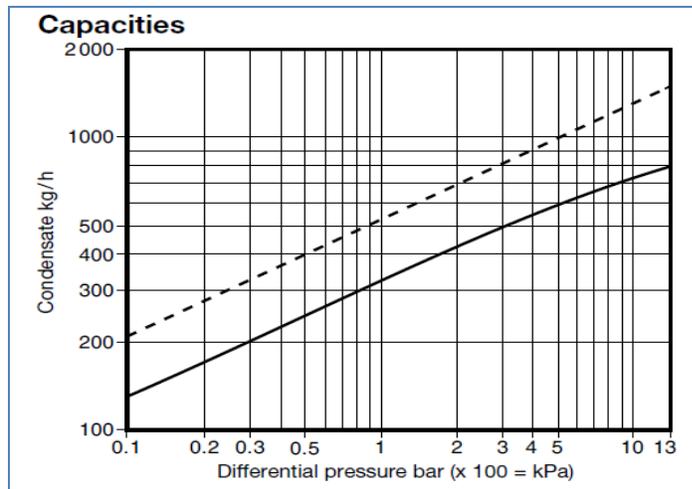
<http://www.spiraxsarco.com/mx/pdfs/TI/p068-18.pdf>. Consulta: abril de 2013.

Anexo 2. **Gráfica de capacidad de descarga para trampa de vapor modelo WTD-52 Worcester**



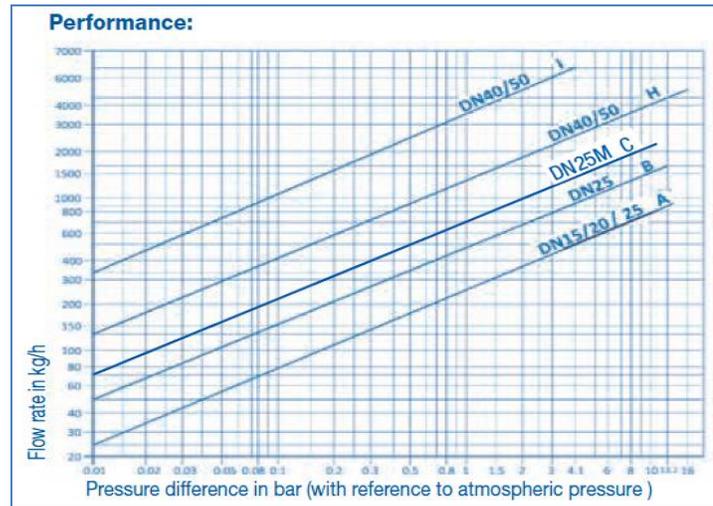
Fuente: Worcester. *Purga de Vapor y Eliminación de* . <http://conexionesindustriales.com/Manuales/Trampa%20de%20Vapor.pdf>. Consulta: abril de 2013.

Anexo 3. **Gráfica de capacidad de descarga para la trampa de vapor modelo BPT-13SXG Spirax Sarco**



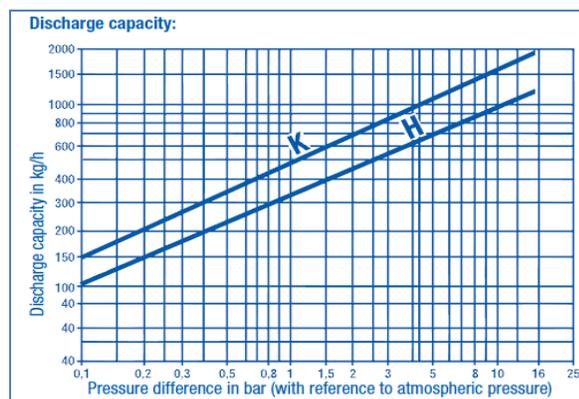
Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* . <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/TL/p122-01.pdf>. Consulta: abril de 2013.

Anexo 4. **Gráfica de capacidad de descarga para la trampa de vapor modelo PN 15/13 RIFOX**



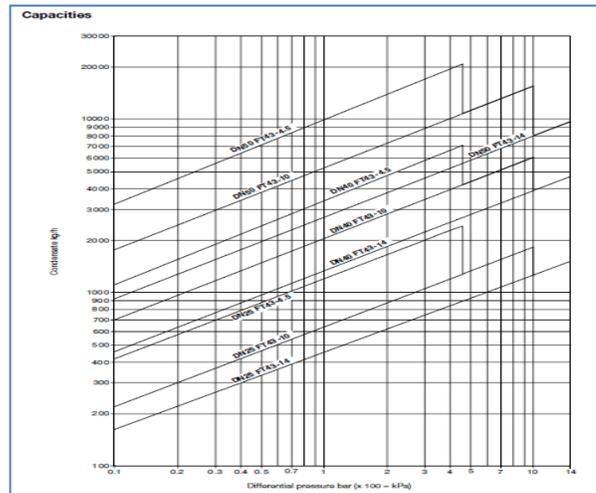
Fuente: Rifox Global. *Purga de Vapor*. <http://www.rifoxglobal.com/dw>.
 Consulta: abril de 2013.

Anexo 5. **Gráfica de capacidad de descarga para la trampa de vapor modelo PN 16/25 RIFOX**



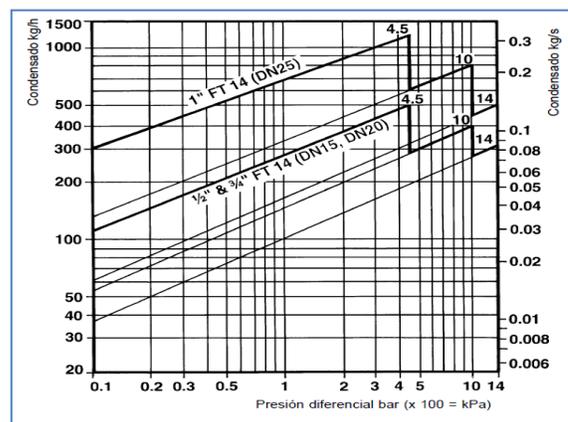
Fuente: Rifox Global. *Purga de Vapor*. <http://www.rifoxglobal.com/dw>.
 Consulta: abril de 2013.

Anexo 6. **Gráfica de capacidad de descarga para la trampa de vapor modelo FT 43-10 Spirax Sarco**



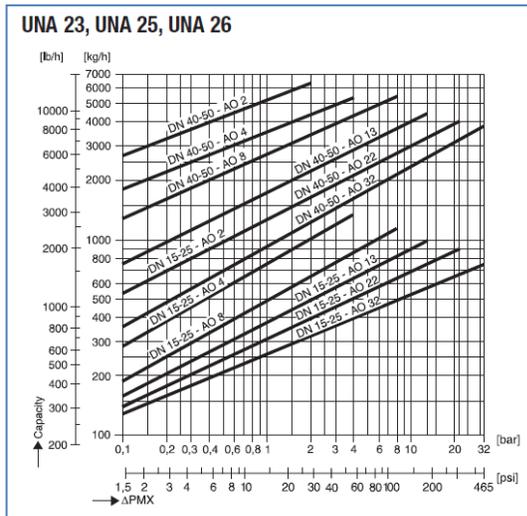
Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .
<http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/TI/s02-21.pdf>. Consulta: abril de 2013.

Anexo 7. **Gráfica de capacidad de descarga para la trampa de vapor modelo FT 14 Spirax Sarco**



Fuente: Spirax Sarco. *Purga de Vapor y Eliminación de* .
<http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/TI/s02-03.pdf>. Consulta: abril de 2013.

Anexo 8. **Gráfica de capacidad de descarga para la trampa de vapor modelo UNA 23 y UNA 23 Duplex Gestra**

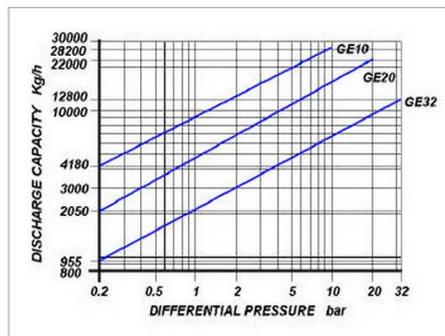


Fuente: Gestra. *Purga de Vapor y Eliminación de Aire*.

<http://www.flowserve.com/files/Files/Literature/ProductLiterature/FlowControl/Gestra/810630.pdf>.

Consulta: abril de 2013.

Anexo 9. **Gráfica de capacidad de descarga para la trampa de vapor modelo GE CF8M Douglas**



Fuente: Douglas Steam. *Extracción de vapor* y http://www.douglas-italia.com/selection_steam.htm.

Consulta: abril 2013.

Anexo 10. Tabla de presiones de vapor

TABLA A-5
 Agua saturada. Tabla de presiones (conclusión)

Pres., P kPa	Temp. sat., T_{sat} °C	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg		Entropía, kJ/kg · K			
		Líquido, sat., v_f	Vapor, sat., v_g	Líquido, sat., u_f	Evaporación, u_{fg}	Vapor, sat., u_g	Líquido, sat., h_f	Evaporación, h_{fg}	Vapor, sat., h_g	Líquido, sat., s_f	Evaporación, s_{fg}	Vapor, sat., s_g
800	170.41	0.001115	0.24035	719.97	1856.1	2576.0	720.87	2047.5	2768.3	2.0457	4.6160	6.6616
850	172.94	0.001118	0.22690	731.00	1846.9	2577.9	731.95	2038.8	2770.8	2.0705	4.5705	6.6409
900	175.35	0.001121	0.21489	741.55	1838.1	2579.6	742.56	2030.5	2773.0	2.0941	4.5273	6.6213
950	177.66	0.001124	0.20411	751.67	1829.6	2581.3	752.74	2022.4	2775.2	2.1166	4.4862	6.6027
1000	179.88	0.001127	0.19436	761.39	1821.4	2582.8	762.51	2014.6	2777.1	2.1381	4.4470	6.5850
1100	184.06	0.001133	0.17745	779.78	1805.7	2585.5	781.03	1999.6	2780.7	2.1785	4.3735	6.5520
1200	187.96	0.001138	0.16326	796.96	1790.9	2587.8	798.33	1985.4	2783.8	2.2159	4.3058	6.5217
1300	191.60	0.001144	0.15119	813.10	1776.8	2589.9	814.59	1971.9	2786.5	2.2508	4.2428	6.4936
1400	195.04	0.001149	0.14078	828.35	1763.4	2591.8	829.96	1958.9	2788.9	2.2835	4.1840	6.4675
1500	198.29	0.001154	0.13171	842.82	1750.6	2593.4	844.55	1946.4	2791.0	2.3143	4.1287	6.4430
1750	205.72	0.001166	0.11344	876.12	1720.6	2596.7	878.16	1917.1	2795.2	2.3844	4.0033	6.3877
2000	212.38	0.001177	0.099587	906.12	1693.0	2599.1	908.47	1889.8	2798.3	2.4467	3.8923	6.3390
2250	218.41	0.001187	0.088717	933.54	1667.3	2600.9	936.21	1864.3	2800.5	2.5029	3.7926	6.2954
2500	223.95	0.001197	0.079952	958.87	1643.2	2602.1	961.87	1840.1	2801.9	2.5542	3.7016	6.2558
3000	233.85	0.001217	0.066667	1004.6	1598.5	2603.2	1008.3	1794.9	2803.2	2.6454	3.5402	6.1856
3500	242.56	0.001235	0.057061	1045.4	1557.6	2603.0	1049.7	1753.0	2802.7	2.7253	3.3991	6.1244
4000	250.35	0.001252	0.049779	1082.4	1519.3	2601.7	1087.4	1713.5	2800.8	2.7966	3.2731	6.0696
5000	263.94	0.001286	0.039448	1148.1	1448.9	2597.0	1154.5	1639.7	2794.2	2.9207	3.0530	5.9737
6000	275.59	0.001319	0.032449	1205.8	1384.1	2589.9	1213.8	1570.9	2784.6	3.0275	2.8627	5.8902
7000	285.83	0.001352	0.027378	1258.0	1323.0	2581.0	1267.5	1505.2	2772.6	3.1220	2.6927	5.8148
8000	295.01	0.001384	0.023525	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2077	2.5373	5.7450
9000	303.35	0.001418	0.020489	1350.9	1207.6	2558.5	1363.7	1379.3	2742.9	3.2866	2.3925	5.6791
10,000	311.00	0.001452	0.018028	1393.3	1151.8	2545.2	1407.8	1317.6	2725.5	3.3603	2.2556	5.6159
11,000	318.08	0.001488	0.015988	1433.9	1096.6	2530.4	1450.2	1256.1	2706.3	3.4299	2.1245	5.5544
12,000	324.68	0.001526	0.014264	1473.0	1041.3	2514.3	1491.3	1194.1	2685.4	3.4964	1.9975	5.4939
13,000	330.85	0.001566	0.012781	1511.0	985.5	2496.6	1531.4	1131.3	2662.7	3.5606	1.8730	5.4336
14,000	336.67	0.001610	0.011487	1548.4	928.7	2477.1	1571.0	1067.0	2637.9	3.6232	1.7497	5.3728
15,000	342.16	0.001657	0.010341	1585.5	870.3	2455.7	1610.3	1000.5	2610.8	3.6848	1.6261	5.3108
16,000	347.36	0.001710	0.009312	1622.6	809.4	2432.0	1649.9	931.1	2581.0	3.7461	1.5005	5.2466
17,000	352.29	0.001770	0.008374	1660.2	745.1	2405.4	1690.3	857.4	2547.7	3.8082	1.3709	5.1791
18,000	356.99	0.001840	0.007504	1699.1	675.9	2375.0	1732.2	777.8	2510.0	3.8720	1.2343	5.1064
19,000	361.47	0.001926	0.006677	1740.3	598.9	2339.2	1776.8	689.2	2466.0	3.9396	1.0860	5.0256
20,000	365.75	0.002038	0.005862	1785.8	509.0	2294.8	1826.6	585.5	2412.1	4.0146	0.9164	4.9310
21,000	369.83	0.002207	0.004994	1841.6	391.9	2233.5	1888.0	450.4	2338.4	4.1071	0.7005	4.8076
22,000	373.71	0.002703	0.003644	1951.7	140.8	2092.4	2011.1	161.5	2172.6	4.2942	0.2496	4.5439
22,064	373.95	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

Fuente: Universidad Nacional de Jujuy Argentina. Facultad de Ingeniería.

http://www.campus.fi.unju.edu.ar/courses/SSJ0000120042C0029/document/Trabajos_Practicos/tabla_de_vapor.pdf?cidReq=SSJ0000120042C0029. Consulta: abril de 2013.