



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

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE OPORTUNIDAD DE MEJORA EN PRODUCCIÓN MÁS  
LIMPIA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PLANTAS DE LA INDUSTRIA TEXTIL**

**Ivonne Evelyn Rocío Argueta Méndez**

Asesorado por el Ing. Andrés David Chicol Rivera

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE OPORTUNIDAD DE MEJORA EN PRODUCCIÓN MÁS  
LIMPIA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PLANTAS DE LA INDUSTRIA TEXTIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**IVONNE EVELYN ROCÍO ARGUETA MÉNDEZ**  
ASESORADO POR EL ING. ANDRES DAVID CHICOL RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
EXAMINADORA	Inga. Casta Petrona Zeceña Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
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 Y EVALUACIÓN DE OPORTUNIDAD DE MEJORA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PLANTAS DE LA INDUSTRIA TEXTIL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 19 de abril de 2012.

  
Ivonne Evelyn Rocio Argueta Méndez

**FUNDACIÓN CENTRO GUATEMALTECO DE PRODUCCION MÁS LIMPIA**

Edificio Cámara de Industria de Guatemala, Ruta 6, 9-21, zona 4, Nivel 7

Tel.: (502) 2380-9128 Fax.: (502) 2339-0264

www.cgpl.org.gt



Guatemala, 13 de junio de 2012

Ing. Victor Manuel Monzón Valdéz  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Reciba un cordial saludo del Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, esperando tenga éxitos en sus labores cotidianas.

Por medio de la presente hago constar que la estudiante de la carrera de Ingeniería Química Ivonne Evelyn Rocío Argueta Méndez quien se identifica con carné No. 200213098, ha entregado el Informe Final del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado dentro de nuestra empresa que lleva por título "Análisis y Evaluación de Oportunidad de Mejora en Producción más Limpia y Eficiencia Energética en Plantas de la Industria Textil" el cual ha sido aprobado ya que estamos conformes con el contenido del mismo.

Agradeciendo su colaboración a nuestra empresa, me suscribo.

Atentamente,

Ing. Andrés Chicol  
Colegiado No. 1527

Coordinador del Área Técnica

Centro Guatemalteco de Producción más Limpia



**Andrés David Chicol Rivera**  
Ingeniero Químico  
Col. 1527





Guatemala, 11 de enero de 2013  
 Ref. EI.Q.TG-IF.001.2013

Ingeniero  
**Victor Manuel Monzón Valdez**  
 DIRECTOR  
 Escuela Ingeniería Química  
 Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-17-2012-IF le informo que reunidos los Miembros de la Tema nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN  
 -Modalidad EPS-**

Solicitado por la estudiante universitaria: **Ivonne Evelyn Rocio Argueta Méndez**

Identificada con número de carné: **2002-13098**

Previo a optar al título de INGENIERA QUÍMICA,

Seguendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Tema han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE OPORTUNIDAD DE MEJORA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PLANTAS DE LA INDUSTRIA TEXTIL**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Andrés David Chicol Rivera**.

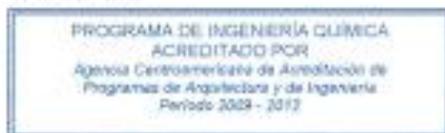
Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
 Inga. Casta Petrona Zecena Zecena  
 COORDINADORA DE TERNA  
 Tribunal de Revisión  
 Trabajo de Graduación



C. c.: archivo





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Ejercicio Profesional Supervisado (**EPS final**) de la estudiante **IVONNE EVELYN ROCÍO ARGUETA MÉNDEZ** titulado: "**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE OPORTUNIDAD DE MEJORA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PLANTAS DE LA INDUSTRIA TEXTIL**", Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

  
Ing. Victor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, febrero de 2013

Cc: Archivo  
VMW/ole

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 123 .2013

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 Química, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE OPORTUNIDAD DE MEJORA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PLANTAS DE LA INDUSTRIA TEXTIL**, presentado por la estudiante universitaria: **Ivonne Evelyn Rocío Argueta Méndez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 22 de febrero de 2013

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser mi guía, fuerza y fortaleza para salir adelante. Porque a través de tus múltiples bendiciones me diste sabiduría e inteligencia que me ayudaron a que cumpliera mis metas.
- A mis padres Víctor Manuel y Silvia Corina** Por todo su apoyo, comprensión, amor y por sobre todo por el gran esfuerzo que han hecho para que yo cumpliera mis sueños, ya que con esto me demostraron el inmenso amor que me tienen.
- A mis hermanas Isabel y Jazmín** Por su amor, apoyo y ayuda. Porque con sus consejos sé que puedo contar con ustedes en cualquier momento y sé que hacen que mi vida sea más feliz.
- A familia** Por su acompañamiento a lo largo de mi vida, siempre contando con todo su apoyo.
- A mis educadores** Profesionales, guías que a través de sus conocimientos y enseñanzas ayudaron a convertirme en la profesional que soy hoy en día.
- A mis amigos** Con los que he compartido infinidad de experiencias durante todo el proceso de aprendizaje y que me han acompañado a lo largo este camino.



<b>Mis amigos</b>	Yessenia Tzarax, Iris Hernández y Luis Javier Tello, gracias por su amistad, apoyo y cariño sincero.
<b>Mi novio</b>	David Cárdenas, por su gran apoyo, paciencia y gran amor que siente por mí.
<b>Mi asesor</b>	Ingeniero Químico Andres David Chicol Rivera, por su dedicación y tiempo en la realización de este proyecto. Gracias por la confianza y apoyo brindado.
<b>Inga. Lorena Pineda</b>	Por su valiosa ayuda en el desarrollo de este proyecto, así como del acompañamiento que me proporcionó para que se lograra finalizar todo el proceso de graduación.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por permitirme aprender y ayudar a formarme como profesional de la ingeniería química y contribuir al desarrollo del país.
<b>Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia</b>	Por brindarme la oportunidad de desarrollar mis habilidades y aportar un protocolo que puede ser utilizado en la industria textil guatemalteca.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XV
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN .....	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN .....	XXIX
1. CENTRO GUATEMALTECO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	1
1.1. Descripción general.....	1
1.2. Organización .....	1
1.3. Misión .....	2
1.4. Visión.....	2
1.5. Política de calidad y ambiente .....	3
1.6. Productos y servicios.....	3
1.7. Beneficios de la Producción más Limpia .....	4
1.7.1. Beneficios económicos .....	4
1.7.2. Beneficios ambientales.....	4
1.7.3. Beneficios sociales y laborales.....	4
1.8. Metodología para realizar una evaluación en planta de Producción más Limpia .....	5
1.9. Servicio técnico profesional .....	7
1.10. Generación de opciones.....	7
1.11. Clasificación de opciones de Producción más Limpia .....	8
1.11.1. Buenas prácticas operativas.....	9
1.11.2. Sustitución de materiales.....	9

1.11.3.	Cambios tecnológicos .....	9
1.11.4.	Reciclaje interno y/o externo .....	10
1.11.5.	Rediseño del producto .....	10
2.	SECTOR TEXTIL.....	11
2.1.	Industria textil en Guatemala.....	11
2.1.1.	VESTEX .....	11
2.1.2.	WRAP .....	12
2.2.	Proceso de confección y bordado .....	12
2.2.1.	Confección .....	12
2.2.2.	Bordado.....	13
2.2.3.	Diagramas de flujo de los procesos .....	13
2.3.	Proceso de hilado, tejido y teñido .....	16
2.3.1.	Hilado .....	16
2.3.2.	Tejido .....	16
2.3.3.	Teñido .....	16
2.4.	Proceso de serigrafía .....	18
2.4.1.	Diagrama del proceso .....	18
3.	RESULTADOS.....	19
3.1.	Áreas con potencial de mejora.....	19
3.2.	Indicadores de desempeño .....	28
4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	35
5.	PROPUESTAS DE MEJORA PARA ENERGÍA ELÉCTRICA Y TÉRMICA.....	37
5.1.	Análisis de calidad de energía .....	37
5.1.1.	Hallazgos .....	37

5.1.2.	Propuestas .....	38
5.1.2.1.	Uso de filtros.....	39
5.1.2.2.	Balance de cargas.....	39
5.1.3.	Viabilidad .....	40
5.1.3.1.	Técnica .....	40
5.1.3.2.	Económica.....	40
5.1.3.3.	Organizacional.....	40
5.1.4.	Beneficios ambientales.....	41
5.2.	Aumentar iluminación natural .....	41
5.2.1.	Hallazgo.....	41
5.2.2.	Propuestas .....	42
5.2.2.1.	Cambio de láminas de fibra de vidrio por policarbonato y aumento de número de láminas .....	43
5.2.3.	Viabilidad .....	44
5.2.3.1.	Técnica .....	44
5.2.3.2.	Económica.....	44
5.2.3.3.	Organizacional.....	45
5.2.4.	Beneficios ambientales.....	45
5.3.	Buenas prácticas de aire comprimido.....	46
5.3.1.	Hallazgo.....	46
5.3.2.	Propuestas .....	47
5.3.2.1.	Control de presión y utilización de frío externo .....	47
5.3.2.2.	Evitar operaciones en vacío y control de horas de operación .....	47

	5.3.2.3.	Búsqueda de fugas, ventilación en el cuarto de compresores y utilización del número necesario de compresores .....	47
	5.3.3.	Viabilidad.....	48
	5.3.3.1.	Técnica.....	48
	5.3.3.2.	Económica .....	48
	5.3.3.3.	Organizacional .....	49
	5.3.4.	Beneficios ambientales .....	49
5.4.		Buenas prácticas en el uso de equipo eléctrico .....	49
	5.4.1.	Hallazgo .....	49
	5.4.2.	Propuestas.....	50
	5.4.2.1.	Establecer programas y campañas ambientales dentro de la empresa ..	50
	5.4.3.	Viabilidad.....	52
	5.4.3.1.	Técnica.....	52
	5.4.3.2.	Económica .....	52
	5.4.3.3.	Organizacional .....	53
	5.4.4.	Beneficios ambientales .....	53
5.5.		Diseñar un plan de arranque de equipo eléctrico .....	53
	5.5.1.	Hallazgo .....	53
	5.5.2.	Propuestas.....	54
	5.5.2.1.	Creación de un plan de arranque....	54
	5.5.3.	Viabilidad.....	54
	5.5.3.1.	Técnica.....	54
	5.5.3.2.	Económica .....	55
	5.5.3.3.	Organizacional .....	55
	5.5.4.	Beneficios ambientales .....	55
5.6.		Mejorar el sistema de producción de aire comprimido .....	56

5.6.1.	Hallazgo.....	56
5.6.2.	Propuestas .....	56
5.6.2.1.	Operar los compresores a la presión mínima requerida para el proceso.....	56
5.6.3.	Viabilidad .....	57
5.6.3.1.	Técnica .....	57
5.6.3.2.	Económica.....	57
5.6.3.3.	Organizacional.....	57
5.6.4.	Beneficios ambientales.....	58
5.7.	Renovación de aire en planta .....	58
5.7.1.	Hallazgo.....	58
5.7.2.	Propuestas .....	60
5.7.2.1	Colocar extractores .....	60
5.7.3.	Viabilidad .....	61
5.7.3.1.	Técnica .....	62
5.7.3.2.	Económica.....	62
5.7.3.3.	Organizacional.....	62
5.7.4.	Beneficios ambientales.....	63
5.8.	Sustitución de iluminación por tecnología más eficiente .....	63
5.8.1.	Hallazgo.....	63
5.8.1.1.	Empresa A.....	64
5.8.1.2.	Empresa B.....	64
5.8.1.3.	Empresa C.....	64
5.8.1.4.	Empresa F .....	65
5.8.1.5.	Empresa H.....	65
5.8.1.6.	Empresa I .....	65
5.8.2.	Propuestas .....	66

	5.8.2.1.	Cambio de tecnología en iluminación .....	66
	5.8.3.	Viabilidad.....	67
	5.8.3.1.	Técnica.....	67
	5.8.3.2.	Económica .....	67
	5.8.3.3.	Organizacional .....	70
	5.8.4.	Beneficios ambientales .....	70
5.9.		Aislamiento de intercambiadores de calor en equipo de tinte .	71
	5.9.1.	Hallazgo .....	71
	5.9.2.	Propuestas .....	72
	5.9.2.1.	Instalar aislante en los intercambiadores de calor .....	73
	5.9.3.	Viabilidad.....	73
	5.9.3.1.	Técnica.....	73
	5.9.3.2.	Económica .....	73
	5.9.3.3.	Organizacional .....	74
	5.9.4.	Beneficios ambientales .....	74
5.10.		Aislamiento en líneas de distribución de vapor .....	75
	5.10.1.	Hallazgo .....	75
	5.10.1.1.	Empresa D .....	75
	5.10.1.2.	Empresa E .....	76
	5.10.1.3.	Empresa F.....	77
	5.10.2.	Propuestas .....	77
	5.10.2.1.	Aislamiento para tubería .....	77
	5.10.3.	Viabilidad.....	78
	5.10.3.1.	Técnica.....	79
	5.10.3.2.	Económica .....	79
	5.10.3.3.	Organizacional .....	81
	5.10.4.	Beneficios ambientales .....	81

5.11.	Aislamiento de tanque de condensados .....	82
5.11.1.	Hallazgo.....	82
5.11.1.1.	Empresa F .....	82
5.11.2.	Propuestas .....	83
5.11.2.1.	Aislar tanques de condensados.....	84
5.11.3.	Viabilidad .....	84
5.11.3.1.	Técnica .....	84
5.11.3.2.	Económica.....	84
5.11.3.3.	Organizacional.....	85
5.11.4.	Beneficios ambientales.....	85
5.12.	Análisis periódico de eficiencia de combustión de la caldera ..	86
5.12.1.	Hallazgo.....	86
5.12.1.1.	Empresa E.....	86
5.12.1.2.	Empresa F .....	86
5.12.2.	Propuestas .....	87
5.12.2.1.	Realizar un monitoreo periódico de la eficiencia de combustión de las calderas .....	87
5.12.3.	Viabilidad .....	87
5.12.3.1.	Técnica .....	88
5.12.3.2.	Económica.....	88
5.12.3.3.	Organizacional.....	88
5.12.4.	Beneficios ambientales.....	89
5.13.	Homogenización de tanque de condensados.....	89
5.13.1.	Hallazgo.....	89
5.13.2.	Propuestas .....	90
5.13.2.1.	Instalar dentro del tanque de condensados una tubería .....	90
5.13.3.	Viabilidad .....	91

	5.13.3.1.	Técnica.....	91
	5.13.3.2.	Económica .....	92
	5.13.3.3.	Organizacional .....	92
	5.13.4.	Beneficios ambientales .....	93
5.14.		Inventario de trampas de vapor.....	93
	5.14.1.	Hallazgo .....	93
	5.14.2.	Propuestas .....	94
	5.14.2.1.	Realizar el mantenimiento a las trampas de vapor .....	95
	5.14.3.	Viabilidad.....	95
	5.14.3.1.	Técnica.....	95
	5.14.3.2.	Económica .....	95
	5.14.3.3.	Organizacional .....	96
	5.14.4.	Beneficios ambientales .....	96
5.15.		Modificación en compactadora.....	96
	5.15.1.	Hallazgo .....	96
	5.15.2.	Propuestas .....	98
	5.15.2.1.	Sustituir la línea de distribución de vapor .....	98
	5.15.3.	Viabilidad.....	99
	5.15.3.1.	Técnica.....	99
	5.15.3.2.	Económica .....	99
	5.15.3.3.	Organizacional .....	100
	5.15.4.	Beneficios ambientales .....	100
CONCLUSIONES.....			101
RECOMENDACIONES .....			103
BIBLIOGRAFÍA.....			105
APÉNDICES.....			107

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Estructura organizacional de CGP+L .....	2
2.	Metodología de Producción más Limpia .....	6
3.	Proceso de confección .....	13
4.	Proceso de bordado .....	14
5.	Proceso de sublimación .....	15
6.	Proceso de hilado y teñido .....	17
7.	Proceso de serigrafía .....	18
8.	Áreas con potencial de mejora empresa A.....	19
9.	Áreas con potencial de mejora empresa B.....	20
10.	Áreas con potencial de mejora empresa C.....	21
11.	Áreas con potencial de mejora empresa D.....	22
12.	Áreas con potencial de mejora empresa E.....	23
13.	Áreas con potencial de mejora empresa F .....	24
14.	Áreas con potencial de mejora empresa G .....	25
15.	Áreas con potencial de mejora empresa H.....	26
16.	Áreas con potencial de mejora empresa I .....	27
17.	Indicadores de desempeño de energía eléctrica del proceso de confección y bordado .....	29
18.	Indicadores de desempeño de energía térmica del proceso de confección y bordado .....	30
19.	Indicadores de desempeño de energía eléctrica del proceso de hilado y teñido.....	31

20.	Indicadores de desempeño de energía térmica del proceso de hilado y teñido .....	32
21.	Indicadores de desempeño de energía eléctrica del proceso de serigrafía .....	33
22.	Indicadores de desempeño de energía térmica del proceso de serigrafía .....	34
23.	Termografía de conductor sobre cargado .....	38
24.	Ordenamiento de láminas de policarbonato.....	43
25.	Ordenamiento de láminas de policarbonato.....	43
26.	Disposición de planta y puntos de medición de calidad de aire en interiores .....	59
27.	Sistemas de ventilación eólico .....	61
28.	Comparación de medidas de diferentes tecnologías de iluminación .....	66
29.	Intercambiadores de calor sin aislante térmico en equipo de tinte.....	72
30.	Intercambiador de calor de equipo de tinte .....	72
31.	Tubería de vapor sin aislamiento en cuarto de lavado.....	76
32.	Termografía de tuberías dentro del proceso muestra un diferencial de temperatura.....	76
33.	Tubería no aislada .....	77
34.	Aislante de fibra de vidrio y de fibra mineral .....	78
35.	Termografía del tanque de condensados 1 .....	83
36.	Termografía de tanque de condensados 2 .....	83
37.	Termografía del sistema actual de ingreso de condensados al tanque de condensados, muestra el diferencial de temperatura en la parte superior e inferior .....	90
38.	Sistema propuesto de ingreso de condensados al tanque de condensados.....	91
39.	Trampas de vapor que no están en funcionamiento .....	94
40.	Trampa de vapor en funcionamiento .....	94

41.	Líneas principales de distribución de vapor.....	97
42.	Tubería de alimentación de vapor y de retorno de condensados sin aislante.....	97
43.	Sistema de distribución de vapor propuesto.....	98

## TABLAS

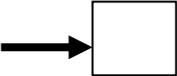
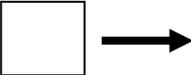
I.	Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa A.....	20
II.	Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa B.....	21
III.	Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa C.....	22
IV.	Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa D.....	23
V.	Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa E.....	24
VI.	Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa F.....	25
VII.	Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa G.....	26
VIII.	Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa H.....	27
IX.	Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa I.....	28
X.	Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la confección y bordado.....	30
XI.	Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la confección y bordado.....	31

XII.	Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la hilado y teñido .....	32
XIII.	Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la hilado y teñido .....	32
XIV.	Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la serigrafía .....	33
XV.	Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la serigrafía .....	34
XVI.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.1 ...	41
XVII.	Resultados de análisis de calidad de iluminación en el proceso de hilado y teñido empresa F .....	42
XVIII.	Consumo energético por iluminación al colocar las láminas de policarbonato.....	45
XIX.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.2 ...	46
XX.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.5 ...	55
XXI.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.6 ...	58
XXII.	Resultados consolidados de los 11 puntos de muestreo .....	59
XXIII.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.7 ...	63
XXIV.	Iluminación recomendada .....	67
XXV.	Correspondiente al período de recuperación de la inversión .....	70
XXVI.	Cantidad de toneladas de CO <sub>2eq</sub> /año .....	71
XXVII.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.8 ...	71
XXVIII.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.9 ...	75
XXIX.	Cantidad de toneladas de CO <sub>2eq</sub> /año .....	81
XXX.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.10 .....	82
XXXI.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.11 .....	85

XXXII.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta	
	5.12.....	89
XXXIII.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta	
	5.13.....	93
XXXIV.	Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta	
	5.15.....	100



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Almacenaje
c/u	Cada uno
CO <sub>2</sub> eq	Dióxido de carbono equivalente
	Elementos de entrada
	Elementos de salida
Gal	Galones
GJ	Giga Jule
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
H	Hora
HP	Horse power



Inspección

kWh

Kilo watt hora

Kg

Kilogramo

Lb

Libra

M

Metro

m<sup>3</sup>

Metro cúbico

Mg

Miligramo

Ppm

Partes por millón

%

Porcentaje

Psi

Pound squared inches



Proceso

Q.

Quetzales

ton

Toneladas

## GLOSARIO

<b>AGEXPORT</b>	Asociación Guatemalteca de Exportadores.
<b>Analizador digital de potencia y calidad de energía marca Dranetz</b>	Es el analizador portátil de energía eléctrica y demanda de potencia diseñado específicamente para la realización de auditorías energéticas y estudios de demanda de potencia eléctrica.
<b>AQI</b>	Air Quality Index.
<b>Armónicos</b>	Son anomalías que se presentan en la energía eléctrica y pueden causar el recalentamiento de motores, cables y transformadores, el disparo de interruptores automáticos y equipos de medición en general.
<b>Banco de capacitores</b>	Son dispositivos que hacen que cuando el voltaje alterna entre positivo y negativo generan un desfase entre la onda de voltaje y la onda de corriente esto debido a que por su naturaleza se oponen al cambio en el flujo de la corriente o al cambio en el voltaje.

<b>Caldera</b>	Es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor.
<b>Carga</b>	El resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.
<b>CGP+L</b>	Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.
<b>CIG</b>	Cámara de la Industria de Guatemala.
<b>Condensación</b>	Es el proceso inverso a la vaporización, es el cambio en la materia de una sustancia a una fase más densa, como por ejemplo de vapor a líquido.
<b>Decibelio</b>	Es la unidad de medida utilizada para el nivel de potencia y el nivel de intensidad del ruido.
<b>Desbalanceo de voltaje</b>	Se le llama así a la inestabilidad en el suministro eléctrico.
<b>Eficiencia de aire comprimido</b>	Esto se logra controlando el lado de la demanda de un sistema de aire comprimido, con esto puede permitir la reducción del 20 al 50 % del consumo de electricidad de los mismos equipos.

<b>Eficiencia energética</b>	Conjunto de acciones que nos llevan a consumir menos energía para alcanzar mayores beneficios finales con menores recursos y con el menor impacto sobre el medio ambiente.
<b>Eficiencia térmica</b>	Es el aprovechamiento de todo el calor generado por la combustión para transformarlo en trabajo mecánico.
<b>Estampado o serigrafía</b>	Se realiza sobre la superficie del tejido puede ser un dibujo o varios, de colores por medio de colorantes convencionales, pigmentos, etc. Este procedimiento se realiza sobre una máquina de estampado o pulpo.
<b>Factor de emisión</b>	Es la relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad (lb/Btu, lb/gal, lb/lote, lb/h ó lb/pie <sup>2</sup> ), estos se basan en procesos.
<b>Factor de potencia</b>	Es el término usado para la relación entre la potencia de trabajo y la potencia total consumida.
<b>Gases de chimenea</b>	Son los gases generados durante la combustión entre los cuales se encuentran: Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), Oxígeno gaseoso (O <sub>2</sub> ), Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ), Óxido de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ), Nitrógeno gaseoso (N <sub>2</sub> ).

<b>Huecos de tensión</b>	Es la reducción brusca de la tensión en una fase de la red eléctrica, seguida de una rápida vuelta a los valores normales de la misma.
<b>ID</b>	Indicador de Desempeño.
<b>Impedancia</b>	Es una magnitud que establece la relación entre la tensión y la intensidad de corriente.
<b>Indicadores ambientales</b>	Son un instrumento que permite cuantificar la evolución de la empresa en la protección ambiental, permitiendo comparaciones en un período determinado.
<b>Indicadores del proceso</b>	Tienen como propósito conocer si se está llevando a cabo un uso adecuado de los insumos y materias primas que participan en el proceso productivo.
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
<b>Límite máximo permisible</b>	El valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes.
<b>Lodos</b>	Los sólidos con un contenido variable de humedad provenientes del tratamiento de aguas residuales.

<b>Manto freático</b>	La capa de roca subterránea, porosa y fisurada que actúa como reservorio de agua que puede ser utilizable por gravedad o por bombeo.
<b>NTSD</b>	Norma Técnica de Servicio de Distribución de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
<b>OSHA</b>	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.
<b>Parámetro</b>	La variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.
<b>PML</b>	Producción más Limpia.
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
<b>PRSI</b>	Período de Retorno Simple de Inversión.
<b>Pulpo</b>	Máquina o impresora serigráfica para textil tipo carrusel o pulpo.
<b>Regulador de tensión</b>	Es un dispositivo eléctrico diseñado con el objetivo de proteger aparatos eléctricos y electrónicos sensibles a variaciones de diferencia de potencial o voltaje y ruido existente en la corriente alterna de la distribución eléctrica.

**Seccionamiento de circuitos**

Función destinada a asegurar la puesta fuera de tensión de toda o parte de una instalación separando la instalación o una parte de la misma de toda fuente de energía eléctrica, por razones de seguridad.

**Sobre tensiones**

Son aumentos de tensiones muy elevadas y de muy corta duración, originados principalmente por el impacto de un rayo pero pueden ocasionarse por conmutaciones defectuosas de la red.

**Tanque pulmón**

Son tanques de almacenamiento para el aire comprimido, se utilizan para controlar períodos de picos de demandas en el sistema, reduciendo con esto la caída de presión.

**Tejido plano**

Aquellos tejidos que poseen en su estructura dos series de hilos, una longitudinal y la otra transversal.

**Tejido punto**

Están compuestos por hilos transversales, longitudinales o ambos a la vez pero formando siempre bucles especiales llamados puntos o mallas.

**Teñido**

Es un proceso químico en el que se añade un colorante a los textiles y otros materiales con el fin de que esta sustancia se convierta en parte del textil.

<b>Termofijado</b>	Proceso de fijar la entretela al tejido por medio de calor, con la particularidad que las entretelas deben ser adhesivas.
<b>Termografía</b>	Es una técnica que permite medir temperaturas de superficies a cierta distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar.
<b>Trampa de vapor</b>	Es un tipo de válvula automática que filtra el condensado y gases no condensables como lo es el aire esto sin dejar escapar el vapor.
<b>USEPA</b>	Agencia Ambiental de Protección de los Estados Unidos.
<b>Variador de frecuencia</b>	Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.
<b>VESTEX</b>	Asociación de la Industria de Vestuario y Textiles.
<b>WRAP</b>	<i>Worldwide Responsible Apparel Production.</i>



## RESUMEN

Para cubrir las demandas de la población la industria ha avanzado notablemente, sin percatarse del daño ecológico que producen. El concepto de Producción más Limpia fue introducido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1989, su misión y visión están dirigidas a prevenir en términos de cantidad y toxicidad desechos que sean perjudiciales con el medio ambiente y con la salud de todos los seres vivos. Además se enfoca en el uso eficiente de materias primas, agua y energía con el fin de crear productos amigables al medio ambiente.

En la búsqueda de soluciones a la problemática establecida se realizó este estudio con el fin de plantear una propuesta que sea adaptable a los requerimientos de la producción textil independientemente del proceso que ésta realiza (confección y bordado, hilado y teñido, serigrafía), el cual se enfoca específicamente en energía eléctrica y térmica.

Se realizó la clasificación de plantas de la industria textil de acuerdo al tipo de proceso que éstas realizan, evaluándolos y proporcionándoles indicadores de desempeño. Estos les ayudarán a diseñar las directrices para incrementar su eficiencia y disminuir los costos dentro del área de producción haciéndolos más eficientes.

Este estudio será una herramienta que proporcionará una visión más amplia de los problemas que se presentan dentro de una planta de la industria textil y las oportunidades de mejora que se pueden encontrar, tomando este estudio como una línea base para la aplicación de Producción más Limpia, con

la cual se pueden obtener beneficios a corto y largo plazo, siendo las de corto plazo todas aquellas implementaciones que no representen algún tipo de inversión económica y tomando las de largo plazo como todas aquellas dónde se necesite la aprobación por parte de gerencia para la inversión económica que se requiera.

# OBJETIVOS

## General

Evaluar el desempeño ambiental por medio de indicadores definidos para cada proceso dentro de las empresas de la Industria textil, mediante el aprovechamiento de sus recursos, utilizando metodologías de Producción más Limpia en sus procesos.

## Específicos

1. Identificar las áreas con potencial de mejora dentro de una planta de la Industria textil en cada etapa del proceso mediante la utilización del software ECO-INSPECTOR 2.0.
2. Evaluación de las áreas con potencial de mejora dentro de cada etapa del proceso mediante indicadores.
3. Determinar las mejoras de acuerdo a las áreas evaluadas.
4. Prevenir la contaminación realizada en las textileras proponiendo prácticas acordes al tema eco-sostenible en todo el proceso para hacerlas más eficientes.



## INTRODUCCIÓN

Las empresas cuentan con procesos los cuales a través del tiempo han venido solucionando la demanda de producción que ésta requiera, buscando la manera que éstas aprovechen los recursos en cada uno de sus procesos, minimizando emisiones, manejo y disposición de desechos, maximizando la eficiencia energética tratando de ser mucho más eficientes.

El Centro Guatemalteco de Producción más Limpia a través del ejercicio práctico supervisado, busca evaluar plantas de la industria textil proporcionándoles indicadores de desempeño, análisis y calidad de energía (eléctrica y térmica) y realizar la investigación para las recomendaciones a posibles soluciones dadas las problemáticas que estas presentan. Con tecnologías que sean amigables para el ambiente y al mismo tiempo contar con un ahorro energético y la obtención de un beneficio tanto económico como ambiental.

El estudio que se presenta a continuación corresponde a un plan de análisis y evaluación de una planta del sector textil dependiendo de la actividad que ésta realiza así como las propuestas de posibles mejoras aplicables a esta industria para la minimización de utilización de los insumos que estos utilizan para realizar sus procesos, ayudándolos a fortalecerse como empresas y visualizar que con una pequeña inversión se obtienen grandes ahorros así mismo al optimizar la utilización de insumos se minimiza el impacto ambiental que la industria tiene en nuestro medio ambiente. Por cuestión de confidencialidad las empresas que participaron en este estudio no aparecerán sus nombres comerciales.



# **1. CENTRO GUATEMALTECO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

## **1.1. Descripción general**

El Centro Guatemalteco de Producción más Limpia “es una institución técnica sin fines de lucro que fue establecida el 15 de julio de 1999. Ha contado con el apoyo de instituciones nacionales como la CIG, así como instituciones internacionales como ONUDI; actualmente forma parte de la Red Latinoamericana de Producción más Limpia. La Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia en general y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente. (PNUMA) Producción más Limpia puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier industria, a los productos mismos y a varios servicios ofrecidos en la sociedad”<sup>1</sup>

## **1.2. Organización**

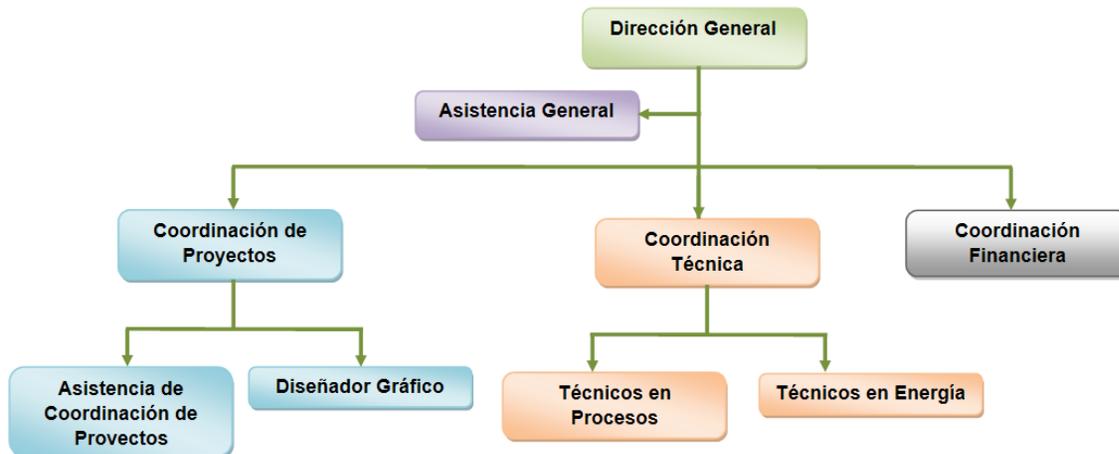
El CGP+L cuenta con una estructura organizacional, la cual es su columna vertebral para el desempeño de sus funciones. Se encuentra integrado por:

- Dirección general
- Coordinación
- Asistencia general y de coordinación
- Técnicos

---

<sup>1</sup> Fundación Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. [en línea] <http://cgpl.org.gt/cgpl>. [Consulta: 9 febrero 2012].

Figura 1. Estructura organizacional de CGP+L



Fuente: elaboración propia.

### 1.3. Misión

“Desarrollar y proveer las condiciones necesarias, fomentar la capacidad local en la aplicación de Producción más Limpia y temas relacionados, contribuyendo con la eficiencia, competitividad, compatibilidad ambiental y desarrollo social de las organizaciones públicas y privadas a nivel nacional.”<sup>2</sup>

### 1.4. Visión

“Ser una institución técnica reconocida a nivel nacional y regional por la aplicación de Producción más Limpia y temas relacionados y su contribución al desarrollo sostenible.”<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Fundación Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. [en línea] <http://cgpl.org.gt/misionyvision>. [Consulta: 10 de febrero 2012].

<sup>3</sup> Fundación Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. [en línea] <http://cgpl.org.gt/misionyvision>. [Consulta: 13 de febrero de 2012].

## 1.5. Política de calidad y ambiente

“El CGP+L, está comprometido a cumplir las legislaciones ambientales nacionales y otros requisitos aplicables a la institución. Por otra parte, previene la contaminación contribuyendo a mejorar el desempeño ambiental de sus clientes a través de:

- La optimización del consumo de recursos naturales
- La reducción de desechos y emisiones en la fuente
- El manejo y disposición adecuada de desechos
- La incorporación de consideraciones ambientales en los procesos de entrega y servicios, y adquisición de bienes y servicios para su funcionamiento.”<sup>4</sup>

## 1.6. Productos y servicios

“El CGP+L, cuenta con varios años de experiencia en capacitaciones, asistencias técnicas, servicios de medición entre otros, a través de Evaluaciones en planta de Producción más Limpia, dirigidas a empresas e instituciones pública y privadas así como para profesionales en general y estudiantes; es centro de información y ejecutor de proyectos de instituciones internacionales y regionales.”<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Fundación Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. [en línea] <http://cgpl.org.gt/calidadyambiente>. [Consulta: 15 de febrero de 2012].

<sup>5</sup> Fundación Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. [en línea] <http://cgpl.org.gt/otrosservicios>. [Consulta: 15 de febrero de 2012].

## **1.7. Beneficios de la Producción más Limpia**

Los beneficios que se obtiene al aplicar Producción más Limpia pueden ser económicos, ambientales y sociales. Además de obtener estos beneficios las empresas que lo apliquen proyectan una imagen verde en el mercado.

### **1.7.1. Beneficios económicos**

“Es una estrategia encaminada al desarrollo sostenible. Aumenta el potencial competitivo, reducción de costos por concepto de materia prima, consumo de agua y energía. Disminución de costos por concepto de accidentes de trabajo, al disminuir los riesgos y mejorar el ambiente laboral. Mejora la imagen empresarial, disminuye costos por concepto de los sistemas de tratamiento al final del tubo, mejora la eficiencia en los procesos productivos y la calidad de productos y servicios.

### **1.7.2. Beneficios ambientales**

Prevención de los recursos naturales, consumo eficiente de los materiales y energía. Constituye la base para garantizar el mejoramiento continuo de la gestión ambiental, disminución de volumen de desechos sólidos y efluentes, disminución de emisiones de gases efecto invernadero con lo que conlleva al cumplimiento de las normas y regulaciones ambientales existentes.

### **1.7.3. Beneficios sociales y laborales**

Mejores condiciones para la población aledaña a las industrias, calidad de vida a través de la conservación del medio ambiente, reducción de la tasa de enfermedades en la población provocada por la contaminación, así como la

disminución de los accidentes laborales y gastos por este concepto. Protección física y moral de los trabajadores u operarios dentro de la empresa y el cumplimiento de las exigencias de la legislación concerniente a los aspectos laborales, prevención y reducción de enfermedades ocupacionales, sostenibilidad laboral para los empleados de la empresa.”<sup>6</sup>

### **1.8. Metodología para realizar una evaluación en planta de Producción más Limpia**

Toda acción que se realiza cuenta con una metodología e implementar Producción más Limpia no es la excepción. Cuenta con un procedimiento sistemático para realizar una evaluación en una planta con el objetivo de identificar las oportunidades que se pueden mejorar dentro de éstas, como el uso de materiales, minimización de residuos, ahorro de agua y energía, reducción en los costos de operación, mejorar los procesos e incrementar la rentabilidad de la empresa. Esta metodología se divide en cinco fases la cuales se describen de la siguiente manera:

- Fase I: Planeación y organización
- Fase II: Evaluación preliminar
- Fase III: Evaluación en planta
- Fase IV: Generación de opciones
- Fase V: Implementación y seguimiento

Nota: la fase V fue la única fase que no se llevó a cabo ya que todas las recomendaciones dependen de cada una de las empresas que participaron en el proyecto.

---

<sup>6</sup> Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, *Introducción a los conceptos y prácticas de Producción más Limpia*. Guatemala. 2009. 15 p.

Figura 2. Metodología de Producción más Limpia



Fuente: Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. Introducción a los conceptos y prácticas de producción más limpia. p. 15.

## **1.9. Servicio técnico profesional**

El CGP+L, presenta una gama de servicios en el ámbito profesional, preocupados por el desempeño ambiental en cada una de las empresa de los diferentes sectores de la industria en Guatemala, facilitando el desarrollo, transferencia de tecnología y la capacitación acerca de ¿Qué es Producción más Limpia?, ¿Cómo puedo incorporar Producción más Limpia dentro de las empresas?, esto con el fin de lograr un incremento en la eficiencia de los procesos, productos y servicios, así como el mantenimiento y funcionamiento de tecnologías limpias. A través del ejercicio profesional supervisado se aportará la documentación relacionada con Producción más Limpia entorno a la industria textil en Guatemala.

## **1.10. Generación de opciones**

La generación de opciones, concierne a todas las posibles propuestas a soluciones las cuales son aptas para ser implementadas en un proceso, con el propósito de aumentar la eficiencia productiva dentro de una empresa. Son estrategias preventivas, que conducen al ahorro de recursos utilizados en el proceso productivo o en empresas del sector servicio.

Utilizando un diagrama de flujo del proceso, se establece un balance de materiales, en el cual se puede elegir la operación unitaria, material o flujo de residuos o emisiones que se desee monitorear.

Se deben buscar las posibles maneras de incrementar la eficiencia y reducir los residuos, las emisiones y las pérdidas de energía, encontrar opciones depende del conocimiento y la creatividad de los miembros de equipo.

Muchas soluciones de Producción más Limpia son concluidas por el análisis cuidadoso de las causas de un problema.

Cuando se plantea una opción de Producción más Limpia se determina su factibilidad económica y ambiental, viabilidad técnica y organizacional, así como el seguimiento que se debe realizar a cada una de las implementaciones que se lleven a cabo dentro de cada una de las empresas.

### **1.11. Clasificación de opciones de Producción más Limpia**

Existen distintas estrategias que pueden llevar a la mejora de un proceso productivo y el desempeño ambiental de las empresas. Durante los procesos de evaluación de Producción más Limpia pueden identificar un número de posibilidades de mejoras inmediatas, con el fin de profundizar un poco más en el desempeño productivo del proceso. A veces es de utilidad dividir el proceso de manera conceptual y subdividir los elementos esenciales.

Las opciones de Producción más Limpia se clasifican en:

- Buenas prácticas operativas
- Sustitución de materiales
- Cambios tecnológicos
- Reciclaje interno
- Rediseño de producto
- Reciclaje externo

### **1.11.1. Buenas prácticas operativas**

Se identifican como una serie de procedimientos destinados a mejorar y optimizar los procesos productivos, así como, promover la participación del personal, realizando actividades con el objetivo de la disminución o eliminación de desperdicios, el uso excesivo de insumos y el tiempo. No significa que se deba realizar algún tipo de variación en los procesos, ni sistemas de gestión y reducir el impacto ambiental que las empresas tienen con su entorno.

### **1.11.2. Sustitución de materiales**

Una de las opciones se enfoca en la minimización de residuos, reduciendo o eliminando todos aquellos materiales que sean considerados como peligrosos que participen en el proceso de producción, así mismo, de materiales en la entrada del proceso con los cuales ayuden a evitar la generación de ésta clase de residuos dentro de los procesos de producción. Entre los cambios se encuentran: purificación de materiales y sustitución de los mismos.

### **1.11.3. Cambios tecnológicos**

Se basan en las modificaciones del proceso y equipo para reducir residuos, durante la proceso de producción. Dentro de estos cambios se encuentran:

- Cambios en los equipos
- Flujo de materiales o tuberías de conducción
- Uso de la automatización
- Condiciones de operación de los procesos

#### **1.11.4. Reciclaje interno y/o externo**

La reutilización dentro de la actividad productiva es muy práctica ya que se pueden realizar a partir de tres acciones:

- Introducir nuevamente un material dentro de la línea de flujo a la que pertenece
- Utilizar un material dentro del mismo proceso pero no dentro de la misma línea de flujo
- Utilizar el material no dentro de la misma actividad industrial, sino como insumo o materia prima para otra actividad industrial

#### **1.11.5. Rediseño del producto**

Las modificaciones o cambios de un producto se realizan con la intención de reducir los residuos que resultan del uso de un producto, puede incluir:

- Sustitución del producto
- Mejoramiento de la conservación del producto
- Cambios en la constitución del producto

## **2. SECTOR TEXTIL**

### **2.1. Industria textil en Guatemala**

El sector textil ha evolucionado a lo largo del tiempo, inicia con la introducción del tejido artesanal a partir de la colonización siendo este el punto de partida para el desarrollo de este sector, el cual se ha convertido en uno de los sectores con mayor importancia en Guatemala. La industria textil se ha convertido en la industria con la mayor generación de divisas en nuestro país, hoy en día las empresas que se dedican a este tipo de actividad se están convirtiendo en empresas proveedoras de insumos y materias primas para los mercados confeccionistas. La industria textil es muy diversa en Guatemala ya que se cuenta con:

- Confección, bordado y serigrafía
- Hilado y teñido
- Serigrafía

Siendo estas las principales actividades que realizan las empresas dedican a este sector.

#### **2.1.1. VESTEX**

VESTEX, es la Asociación de la Industria de Vestuario y Textiles y forma parte de la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT), siendo una entidad privada, no lucrativa, fundada en mayo de 1982. Cuenta con la visión de hacer de Guatemala un país exportador y la misión de promover el

crecimiento de las exportaciones basados en la competitividad, contribuyendo así al desarrollo económico social de Guatemala de forma sustentable.

Tienen como objetivo el promover y desarrollar las exportaciones de vestuario y textiles, prestar servicios a los exportadores de estos productos, así como representar a sus miembros ante instituciones públicas o privadas nacionales o extranjeras vinculadas con ésta.

### **2.1.2. WRAP**

Se le llama así a la Responsabilidad Mundial en la Industria de la Confección, *Worldwide Responsible Apparel Production (WRAP)*, el objetivo principal del programa de certificación WRAP es monitorear de manera independiente y voluntaria, el cumplimiento de normas sociales de responsabilidad mundial para las empresas manufactureras y asegurar que sus productos sean elaborados bajo condiciones éticas, humanas y legales.

## **2.2. Proceso de confección y bordado**

A continuación se presenta una descripción de los procesos de confección y bordado que se realizan en las empresas que participan en este estudio.

### **2.2.1. Confección**

Es el proceso de la fabricación de prendas de vestir y otros productos textiles a partir de telas, hilos y accesorios.

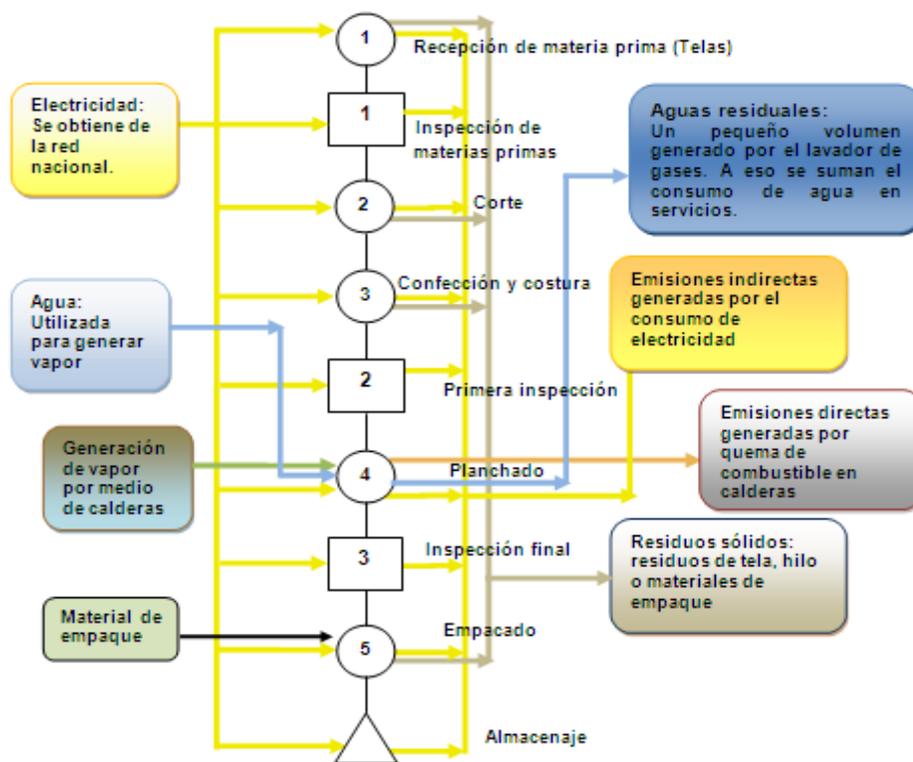
### 2.2.2. Bordado

Es el proceso el cual consiste en la ornamentación por medio de hebras textiles.

### 2.2.3. Diagramas de flujo de los procesos

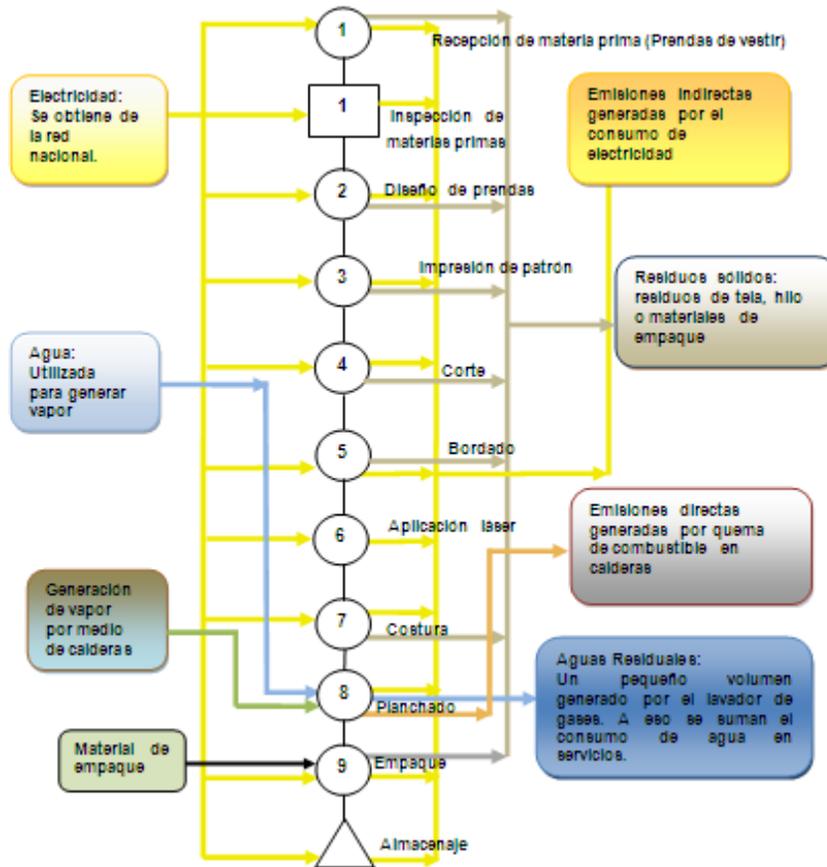
A continuación se presentan los diagramas de flujo de los procesos expuestos con anterioridad los cuales describen cada paso durante cada proceso tanto en confección, bordado y sublimación.

Figura 3. Proceso de confección



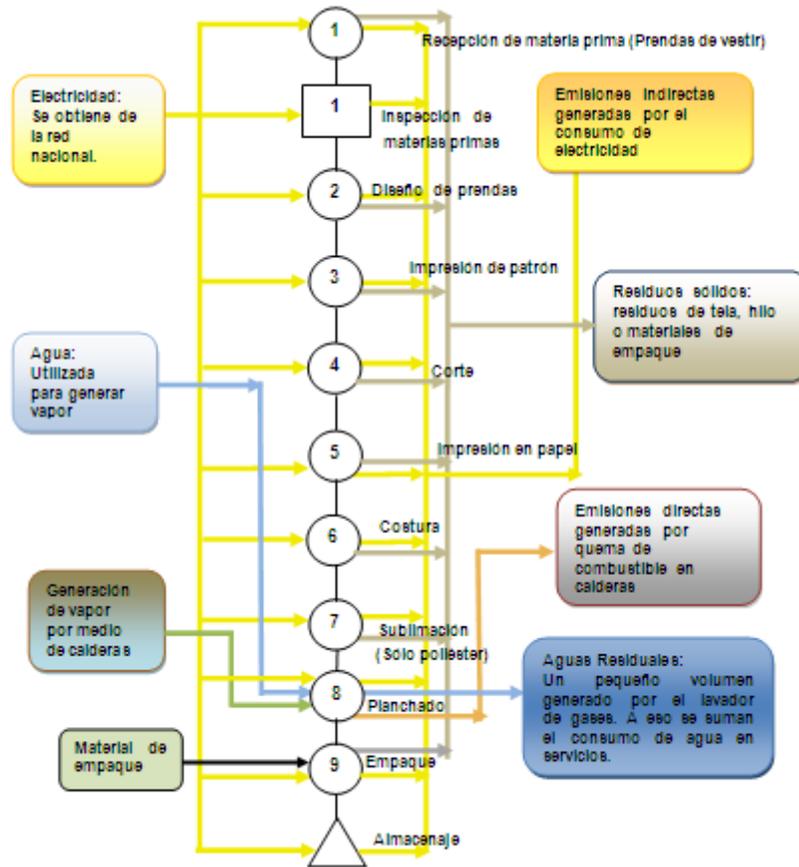
Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Proceso de bordado**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Proceso de sublimación**



Fuente: elaboración propia.

## **2.3. Proceso de hilado, tejido y teñido**

A continuación se hace una breve descripción de los procesos de hilado, tejido y teñido que se realizan en algunas de las que participan dentro de este estudio.

### **2.3.1. Hilado**

Es el proceso que abarca desde la apertura de la fibra natural o artificial hasta convertirlo en hilo e hilar en filamento continuo para fabricar textiles.

### **2.3.2. Tejido**

Es el proceso de entrecruzar las hebras, para producir superficies moldeables con características estéticas.

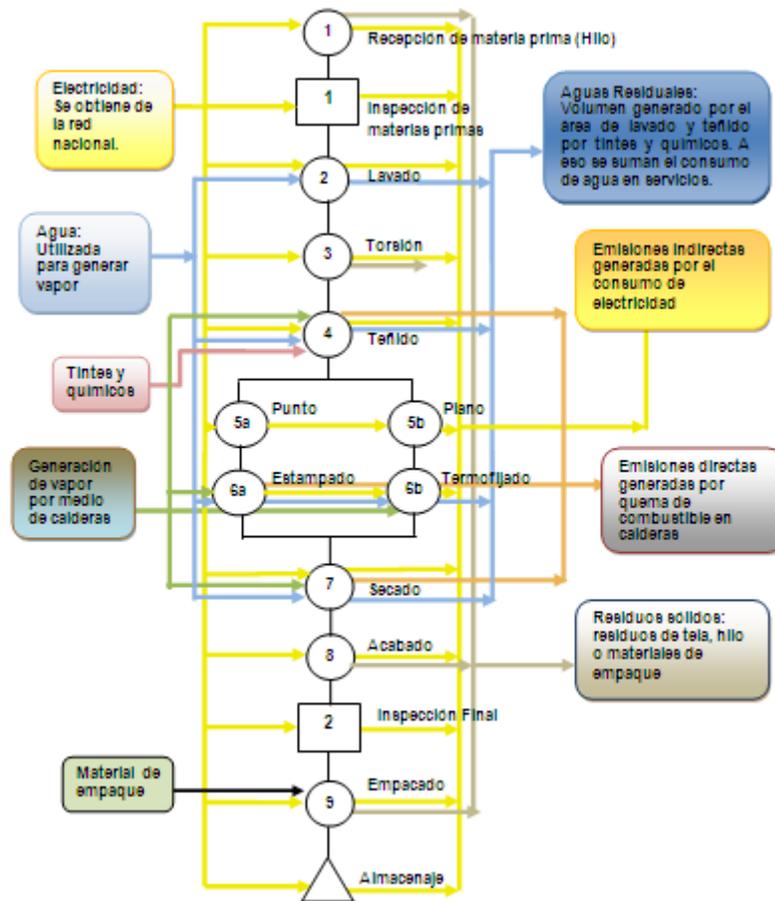
### **2.3.3. Teñido**

Es el proceso de colorar la fibra mediante una disolución de tiente y agua a una temperatura de ebullición.

### 2.3.4. Diagrama de flujo del proceso

A continuación se presentan los diagramas de flujo de los procesos expuestos con anterioridad los cuales describen cada paso durante cada proceso en hilado y teñido.

Figura 6. Proceso de hilado y teñido



Fuente: elaboración propia.

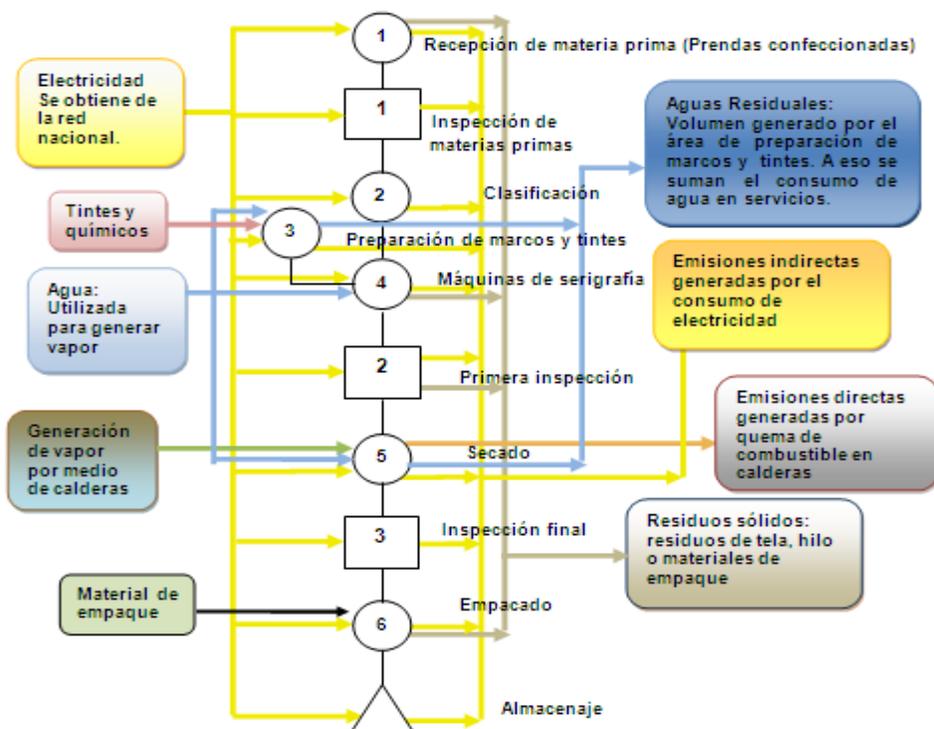
## 2.4. Proceso de serigrafía

Es el proceso de impresión utilizado para plasmar todo tipo de dibujos sobre tela, para poder realizar este tipo de impresión es necesario poseer una pantalla de seda para crear el dibujo o poder estamparlo luego en la tela por medio de un pulpo.

### 2.4.1. Diagrama del proceso

A continuación se hace la descripción del proceso de la serigrafía paso a paso por medio de un diagrama de flujo.

Figura 7. Proceso de serigrafía



Fuente: elaboración propia.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Áreas con potencial de mejora

A continuación se presenta una serie de gráficas en las cuales se observa el potencial de oportunidad de mejora que obtendrá cada una de las empresas implicadas en el estudio realizado.

Figura 8. Áreas con potencial de mejora empresa A



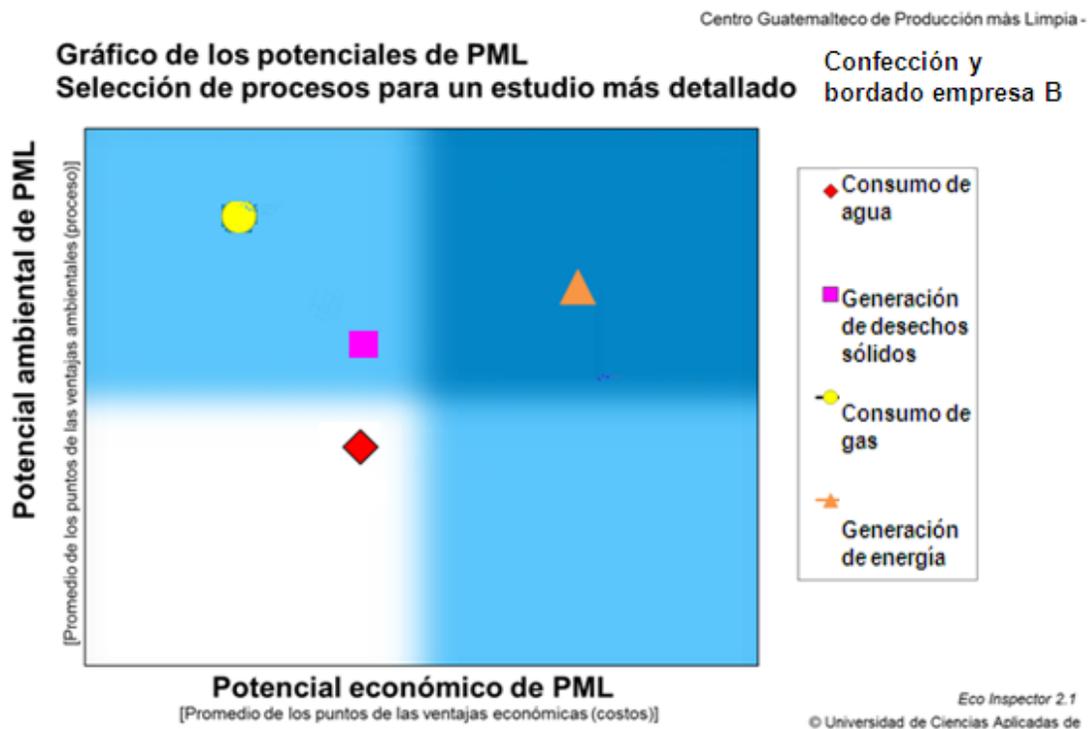
Fuente: elaboración propia.

Tabla I. Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa A

Empresa	Producción anual (rollos de tela)	Consumo de energía eléctrica anual (kWh)	Consumo de combustible (gal)
A	900 000	132 600	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Áreas con potencial de mejora empresa B



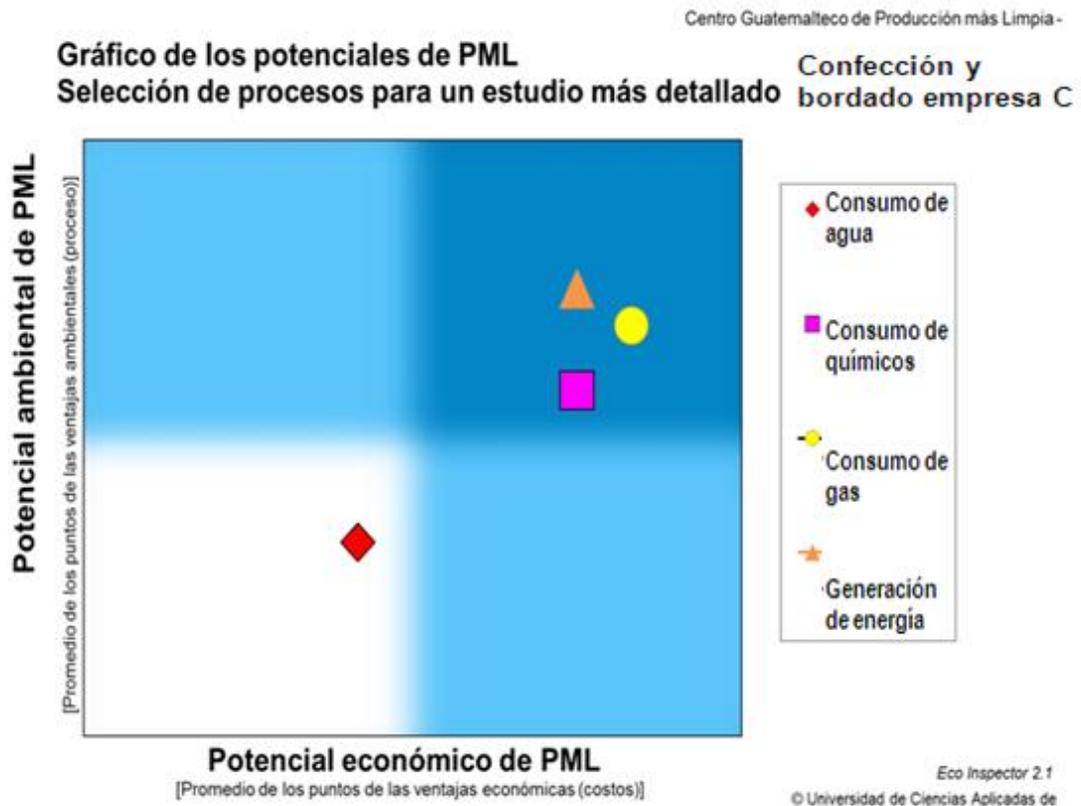
Fuente: elaboración propia.

Tabla II. Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa B

Empresa	Producción anual (rollos de tela)	Consumo de energía eléctrica anual (kWh)	Consumo de combustible (kg de biomasa)
B	7 920 000	888 000	190 000

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Áreas con potencial de mejora empresa C



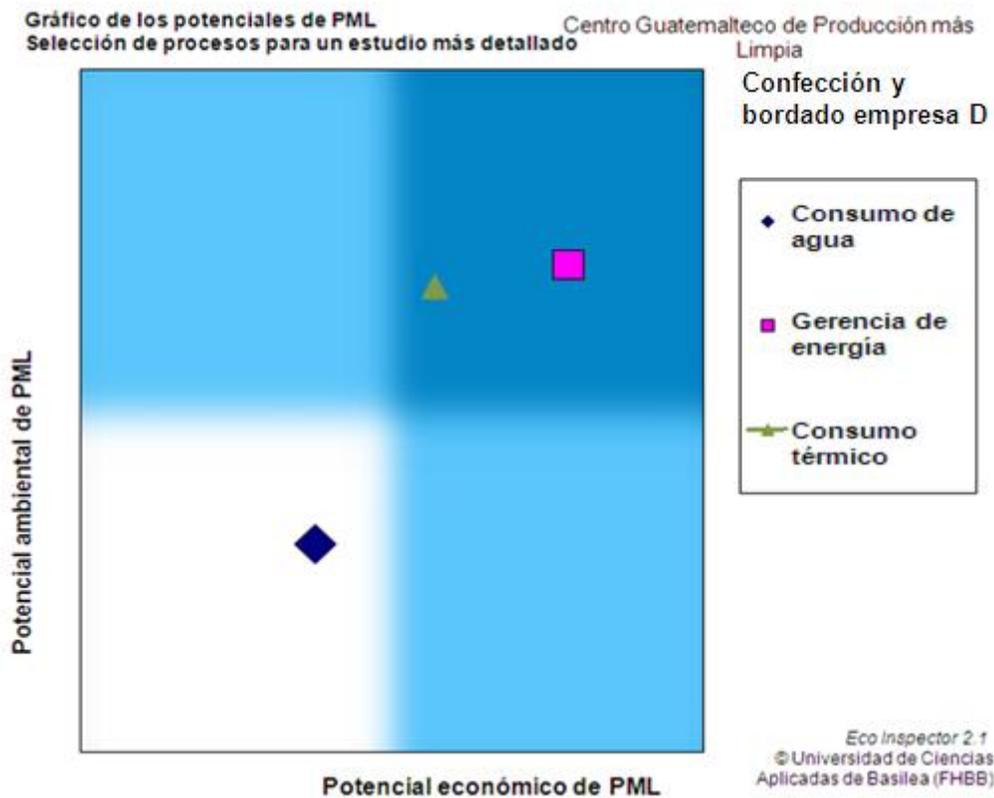
Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa C

Empresa	Producción anual (rollos de tela)	Consumo de energía eléctrica anual (kWh)	Consumo de combustible (gal)
C	10 000 000	763 464	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Áreas con potencial de mejora empresa D



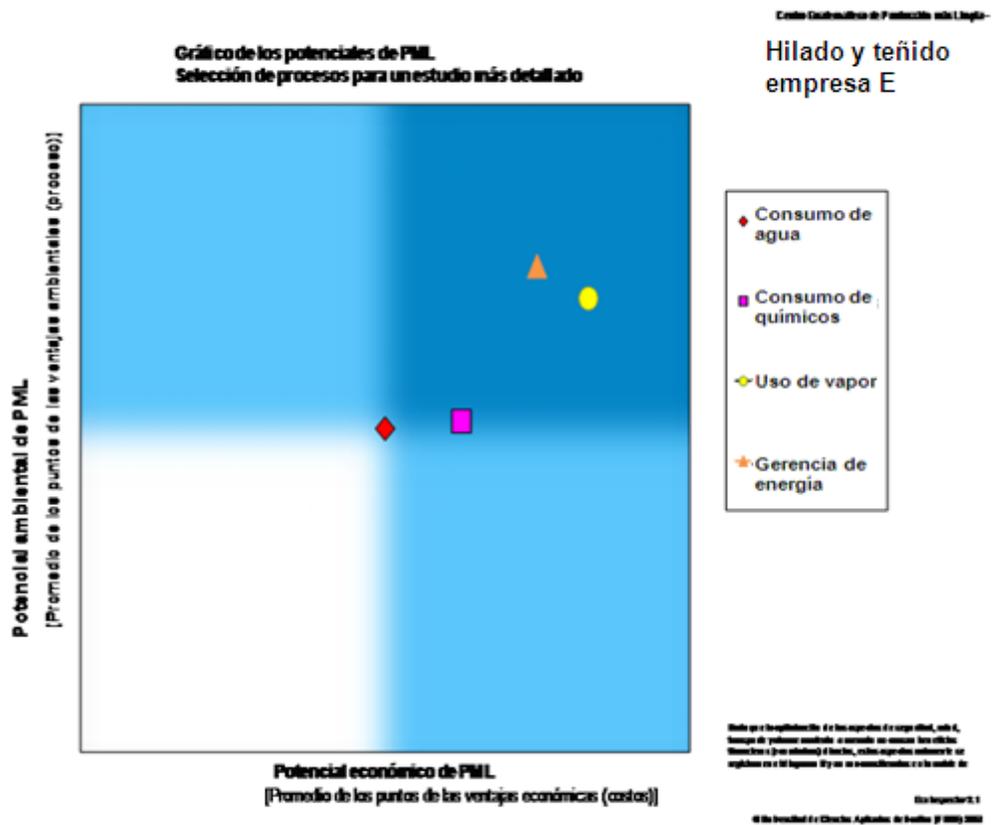
Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa D

Empresa	Producción anual (rollos de tela)	Consumo de energía eléctrica anual (kWh)	Consumo de combustible (kg de biomasa)
D	12 000 000	1 143 769	165 600

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Áreas con potencial de mejora empresa E



Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa E

Empresa	Producción anual (kg)	Consumo de energía eléctrica anual (kWh)	Consumo de combustible (gal)
E	3 311 224	2 618 000	240 000

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Áreas con potencial de mejora empresa F



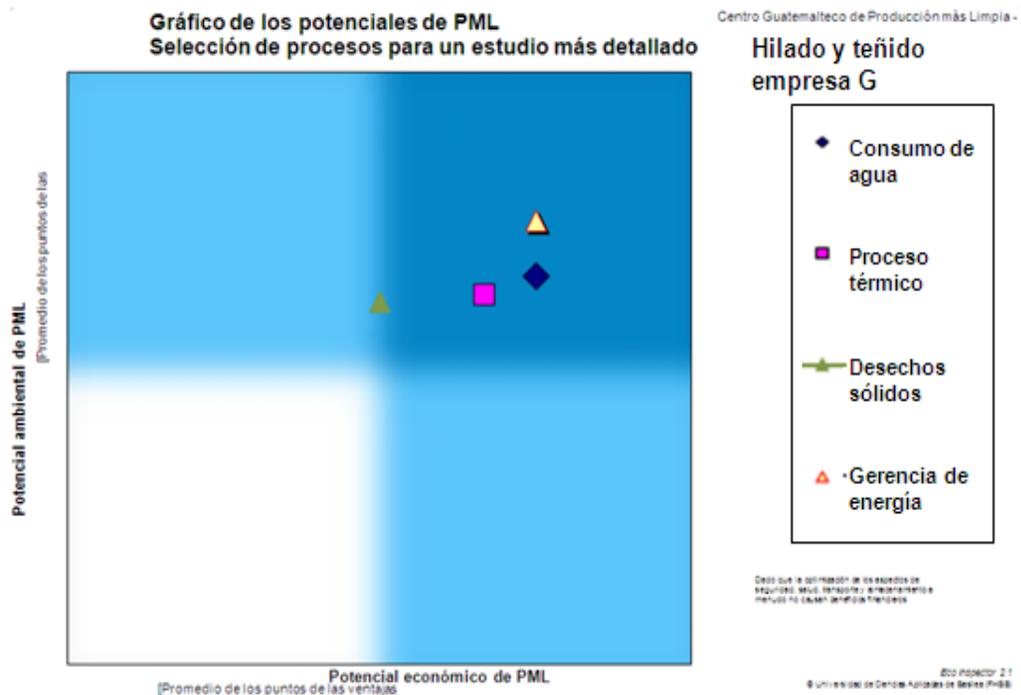
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa F

Empresa	Producción anual (kg)	Consumo de energía eléctrica anual (kWh)	Consumo de combustible (gal)
F	741 091,23	2 538 000	260 400

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Áreas con potencial de mejora empresa G



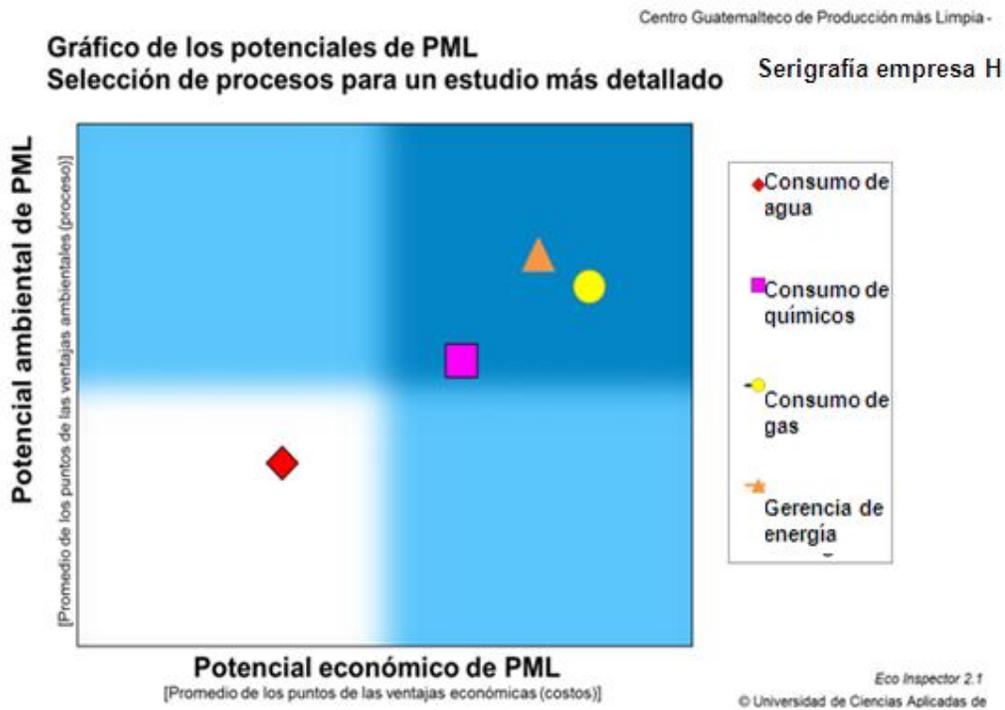
Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa G

Empresa	Producción anual (kg)	Consumo de energía eléctrica anual (kWh)	Consumo de combustible (gal)
G	2 160 000	3 000 000	480 000

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Áreas con potencial de mejora empresa H



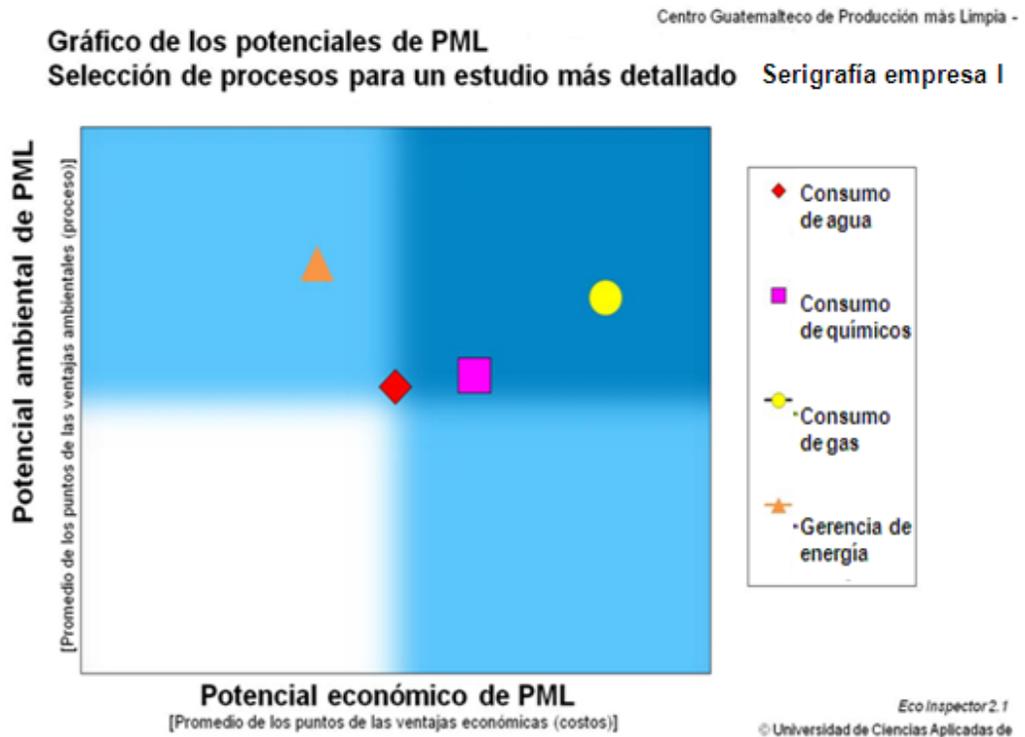
Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa H

Empresa	Producción anual (prendas)	Consumo de energía eléctrica anual (kWh)	Consumo de combustible LPG (gal)
H	7 680 000	534 594	26 200

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Áreas con potencial de mejora empresa I



Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Información general de producción, consumo de energía eléctrica y térmica de la empresa I**

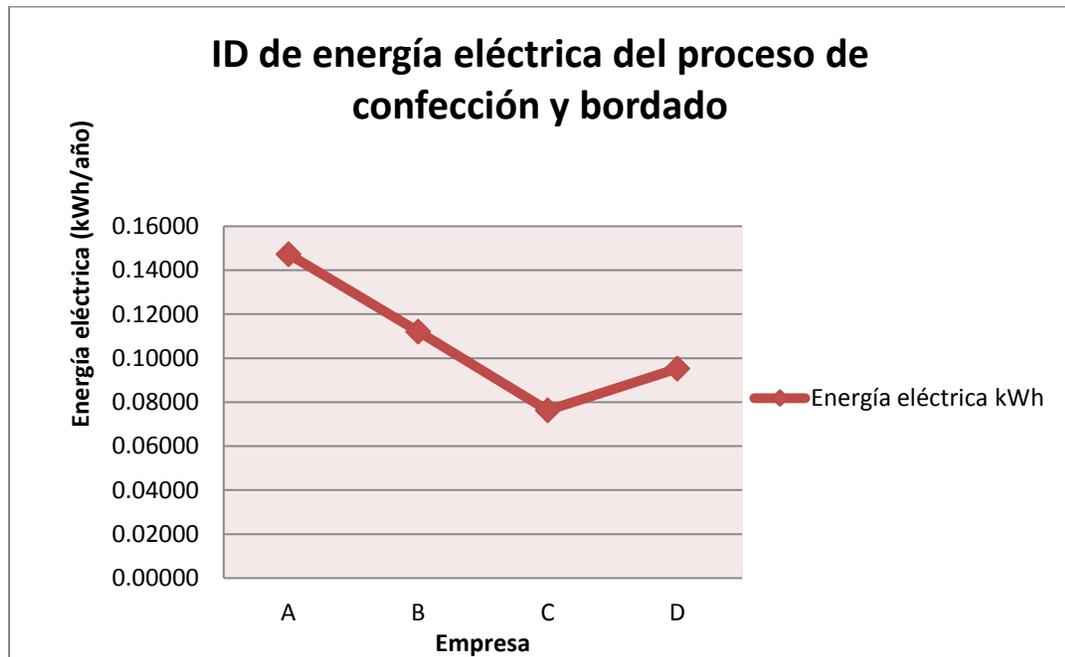
<b>Empresa</b>	<b>Producción anual (prendas)</b>	<b>Consumo de energía eléctrica anual (kWh)</b>	<b>Consumo de combustible LPG (gal)</b>
<b>I</b>	6 000 000	486 800	7 200

Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Indicadores de desempeño**

A continuación se le presentan los indicadores de desempeño tanto en energía eléctrica como térmica de acuerdo al tipo de proceso que las empresas realizan.

Figura 17. **Indicadores de desempeño de energía eléctrica del proceso de confección y bordado**



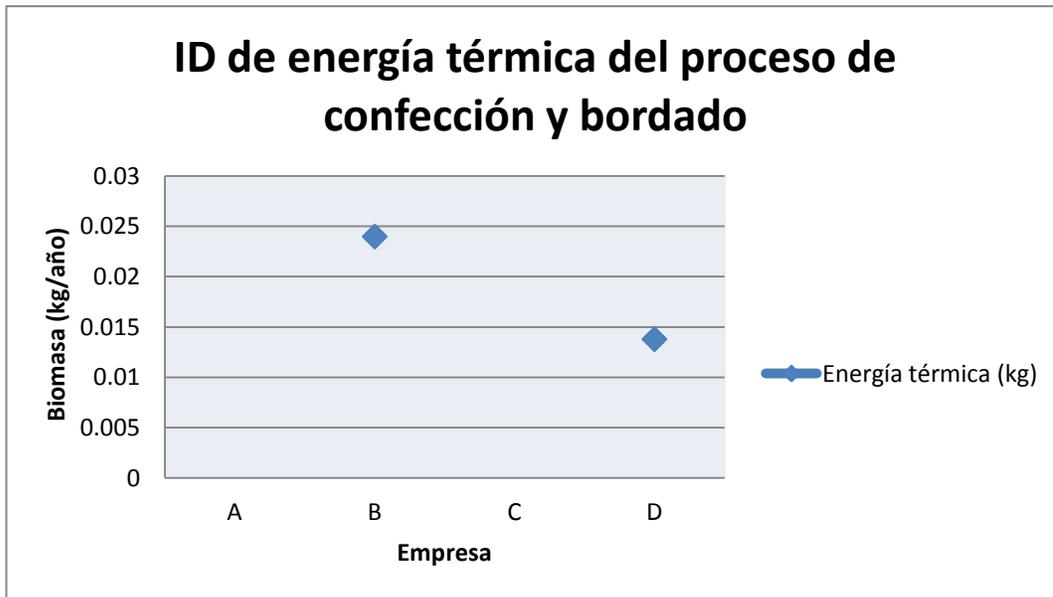
Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la confección y bordado**

Empresa	Consumo de energía eléctrica (kWh/unidad)
<b>A</b>	0,14733
<b>B</b>	0,11212
<b>C</b>	0,07635
<b>D</b>	0,09531

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Indicadores de desempeño de energía térmica del proceso de confección y bordado**



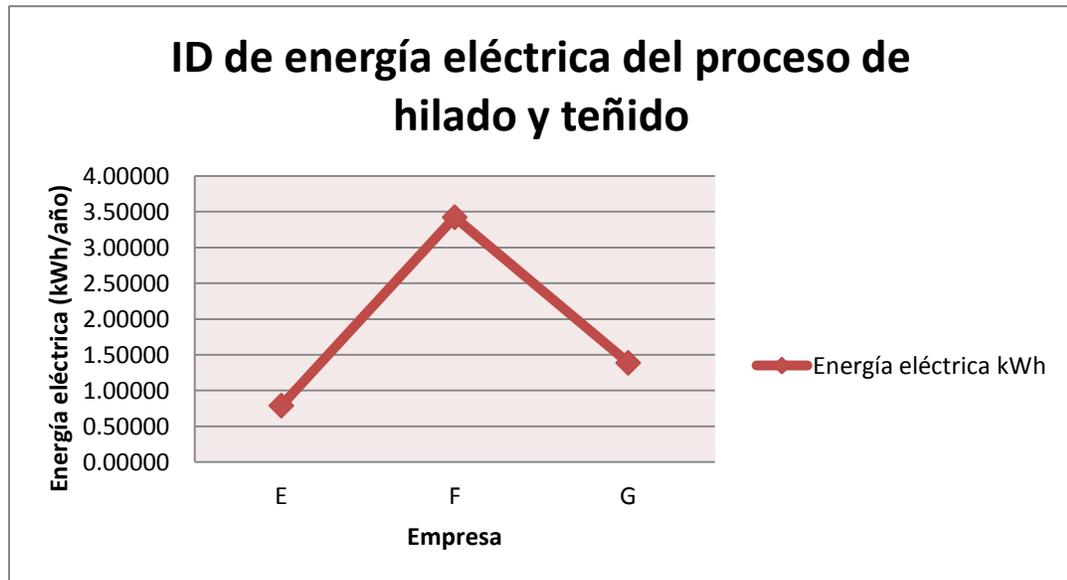
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la confección y bordado**

Empresa	Consumo de energía térmica (kg biomasa/unidad)
A	No utilizan vapor
B	0,02399
C	No utilizan vapor
D	0,01380

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Indicadores de desempeño de energía eléctrica del proceso de hilado y teñido**



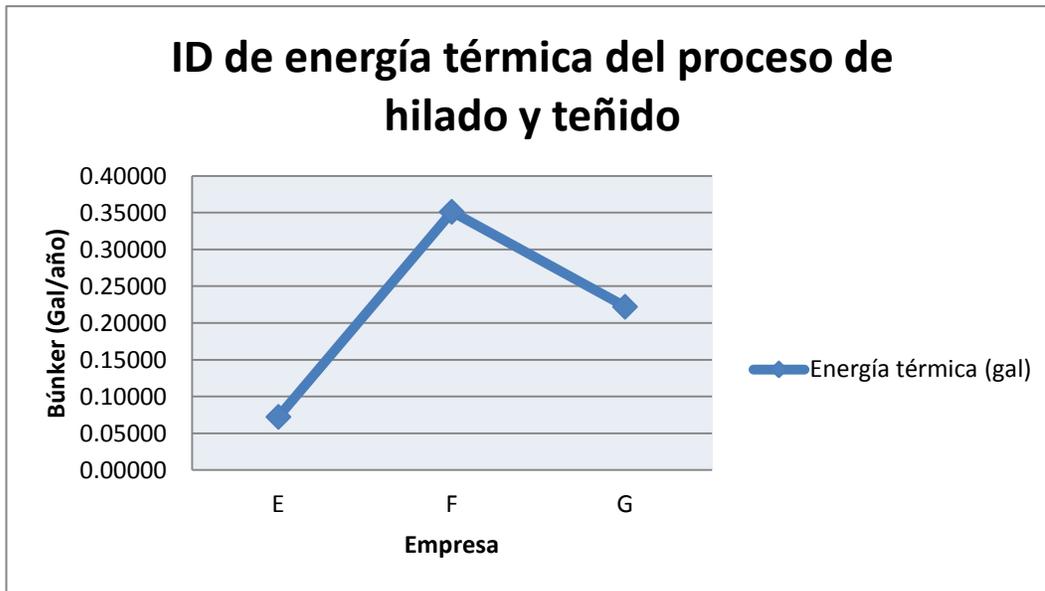
Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas al hilado y teñido**

Empresa	Consumo de energía eléctrica (kWh/kg)
E	0,79064
F	3,42468
G	1,38889

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Indicadores de desempeño de energía térmica del proceso de hilado y teñido**



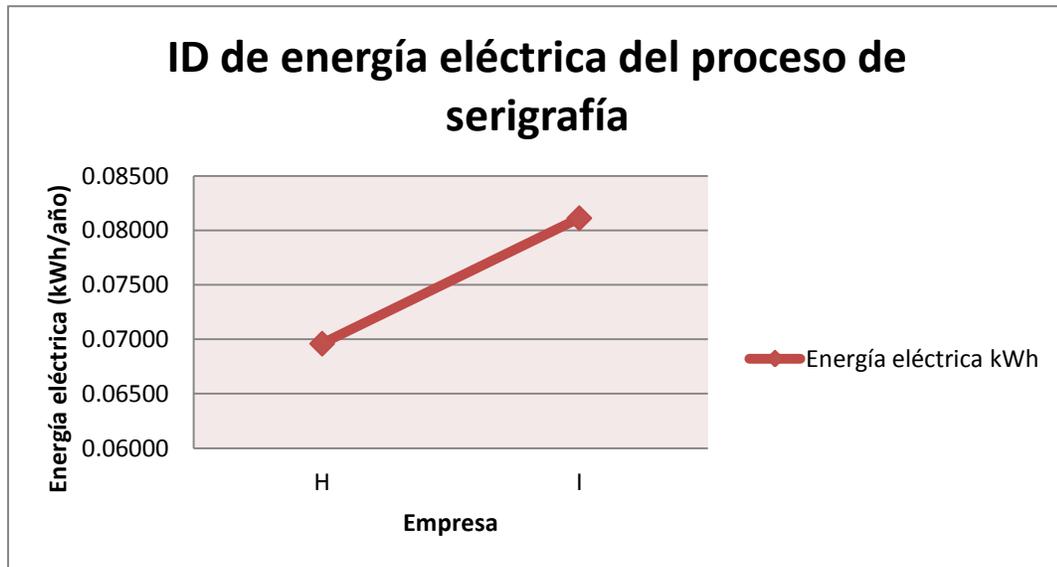
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas al hilado y teñido**

Empresa	Consumo de energía térmica (gal búnker/kg)
E	0,07248
F	0,35137
G	0,22222

Fuente: elaboración propia

Figura 21. **Indicadores de desempeño de energía eléctrica del proceso de serigrafía**



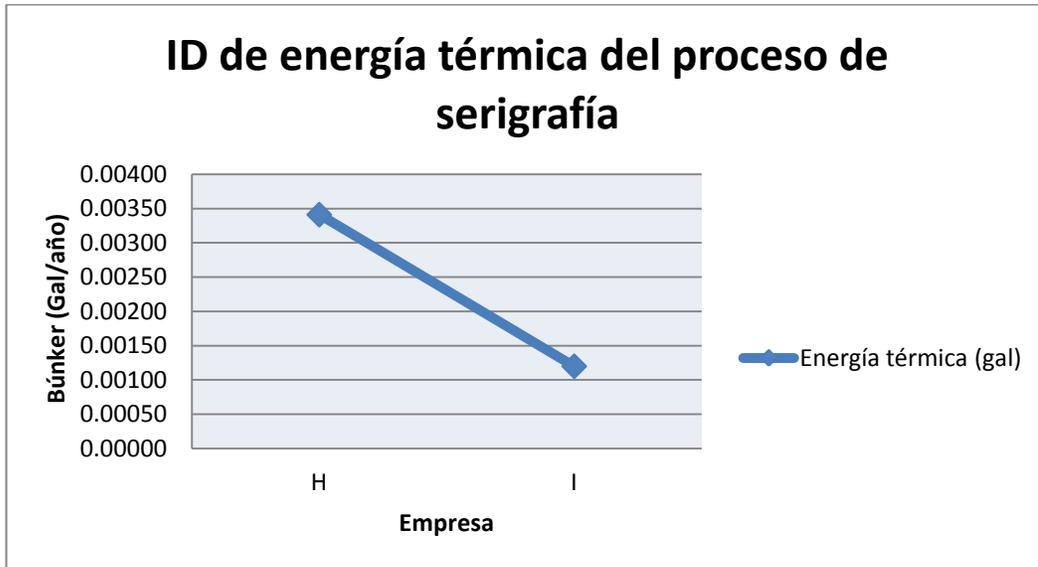
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la serigrafía**

Empresa	Consumo de energía eléctrica (kWh/prenda)
H	0,06961
I	0,08113

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Indicadores de desempeño de energía térmica del proceso de serigrafía**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Índices de indicadores de desempeño de las empresas dedicadas a la serigrafía**

Empresa	Consumo de energía térmica (gal búnker/prenda)
H	0,00341
I	0,00120

Fuente: elaboración propia.

## 4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Toda empresa controla y administra lo que mide. Si algo no es medido, no se puede administrar y por lo tanto no se puede mejorar. Durante el estudio de estas empresas que se dedican a la confección y bordado, hilado y teñido así como serigrafía sí cuentan con algunos registros de los insumos que consumen y necesitan en cada una de las plantas dónde realizan sus procesos.

Al hacer la evaluación preliminar o primera visita se obtuvo información acerca de la actividad a la que se dedica cada planta tanto en procesos como en materias primas, residuos y producción que éstas obtienen, esta información fue necesaria para utilizar el software ECOINSPECTOR 2.0, con el cual se determinó el potencial de oportunidad que las empresas podían aprovechar con la cual se obtuvo una gráfica la que representa la potencialidad de aplicar producción más limpia desde el punto de vista ambiental y económico, siendo el cuadrante superior derecho el que representa mayor oportunidad de mejora en la empresa.

Para los insumos que se ubican dentro de este cuadrante, se pueden fortalecer los procesos que se utilizan de manera ineficiente, con mediciones e indicadores que proporcionen información más interesante sobre cómo se utilizan los recursos dentro de la empresa.

La información que generen los indicadores de desempeño es útil para tomar decisiones estratégicas y guiar a la empresa en un camino de mejora continua. Cuando el indicador es pequeño quiere decir que los recursos están siendo optimizados o utilizados de manera eficiente sin desperdiciar.

Las figuras de la 8 a la 16, representan las áreas de oportunidad para mejorar, detectadas en el sector textil. En los procesos de confección y bordado dónde se observó que en las empresas A y B tienen un indicador alto en consumo de energía eléctrica, ya que en comparación con las empresas C y D tienen un indicador de 0,07 y 0,09 kilovatio hora por unidad producida siendo estas empresas las que utilizan o disponen de sus insumos de una mejor manera. Así mismo, se obtuvo que las empresas B y D cuentan con calderas que generan el vapor con biomasa siendo la caldera de la empresa D más eficiente al utilizar un menor consumo en combustible de 0,02 kilogramo de biomasa por unidad producida.

Dentro de las empresas que se dedican al hilado y teñido se obtuvo que la empresa E en comparación con las empresas F y G, es la empresa que obtuvo una mayor eficiencia en el consumo de sus insumos ya que su indicador de desempeño de energía eléctrica fue de 0,79 kilovatio hora por kilogramo producido y de energía térmica de 0,07 galones de búnker por kilogramo producido, siendo la empresa con mayor ineficiencia la empresa F al tener como indicadores de energía eléctrica 3,42 kilovatio hora por kilogramo producido y en energía térmica 0,35 galones de búnker por kilogramo producido ya que utilizan una mayor cantidad de insumos para producir 1 kilogramo de producto.

En el proceso de serigrafía se obtuvo que la empresa H tiene un consumo de energía eléctrica menor y más eficiente que la empresa I, ya que su indicador fue de 0,06 kilovatio hora por prenda producida pero en cuanto a energía térmica la empresa I es más eficiente que la empresa H ya que su indicador de desempeño fue de 0,001 galones de búnker por prenda producida.

## **5. PROPUESTAS DE MEJORA PARA ENERGÍA ELÉCTRICA Y TÉRMICA**

Las propuestas planteadas de acuerdo a las evaluaciones realizadas en las diferentes plantas se dividen en cuatro aspectos:

- A. Hallazgos
- B. Propuestas
- C. Viabilidad
  - a. Técnica
  - b. Económica
  - c. Organizacional
- D. Beneficios ambientales

### **5.1. Análisis de calidad de energía**

Se presenta un análisis para la aplicación de esta propuesta en dónde encontrará hallazgos, la viabilidad así como los beneficios ambientales que se obtendrán si se aplica.

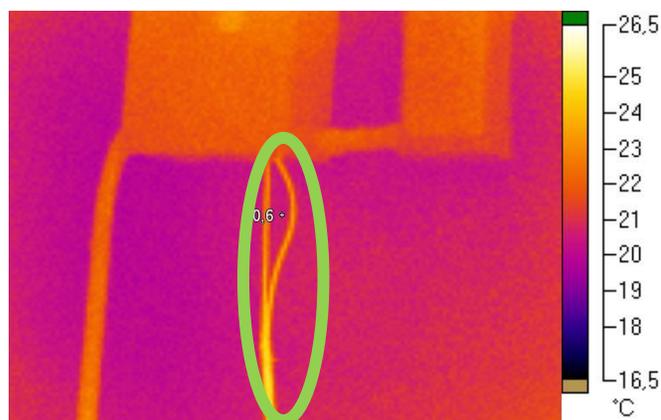
#### **5.1.1. Hallazgos**

Con la utilización del Dranetz, se obtuvo información acerca de la demanda de potencia que requieren las empresas del sector textil. Se encontró que los valores de distorsión armónica total de corriente, que es la distorsión generada por el usuario, no se encuentra dentro de los valores permitidos en el artículo 42 de la Norma Técnica de Servicio de Distribución de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (NTSD), donde se establece que el valor de la

distorsión total de corriente deberá ser menor al 20 % para potencias mayores a 10 kW y voltajes abajo de 1 000 Voltios. En todas las empresas sometidas al estudio se determinó que la distorsión armónica tiene un promedio de 58,3 %.

Así mismo, se obtuvo que los valores de distorsión armónica total de voltaje, que son las distorsiones en la red generadas por el distribuidor, se encuentran dentro de los valores permitidos por el artículo 32 de la Norma Técnica de Servicio de Distribución de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (NTSD), donde se establece un valor menor al 8 %, para voltajes menores a 69 000 voltios ya que se tiene un promedio de 3,46 %.

Figura 23. **Termografía de conductor sobre cargado**



Fuente: elaboración propia.

### 5.1.2. **Propuestas**

A continuación se presenta una serie de propuestas de aplicaciones en la cuales al ser aplicadas aportarán un ahorro significativo para las empresas.

#### **5.1.2.1. Uso de filtros**

Se plantea que para evitar la distorsión armónica de corriente se utilicen filtros para armónicos, con el fin de contrarrestar este problema el cual puede generar penalizaciones de tipo económico por parte de la empresa que suministra la energía eléctrica u ocasionar daños al equipo que se utiliza en las instalaciones.

#### **5.1.2.2. Balance de cargas**

El balance de cargas en los tableros trifásicos se debe realizar para que exista una distribución uniforme, por lo que se debe monitorear regularmente el voltaje en cada fase y verificar que no exista un desbalance.

Además que las líneas de los conductores no se recarguen y se calienten, ya que puede afectar el factor de potencia de la empresa y traer como consecuencia un cobro por bajo factor de potencia. Así mismo, puede provocar un mayor consumo de corriente del que realmente se necesita. Es pertinente realizar periódicamente una inspección por termografía.

En dado caso fuese un tablero monofásico y este se encuentre sobrecargado se necesita cambiar el conductor por uno de mayor calibre según tablas de consumo de amperios, estas tablas se conocen como tablas de Ampacidad de Conductores.

### **5.1.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### **5.1.3.1. Técnica**

Los filtros para armónicos deben ser instalados por personal calificado, no se requiere de modificaciones de infraestructura civil ya que los mismos deben ser instalados cerca del tablero principal.

#### **5.1.3.2. Económica**

- Inversión : compra de filtros para corriente armónica, el precio según estimaciones por el consultor Q. 8 000
- Ahorros: con la implementación de esta recomendación se podrán evitar penalizaciones con un valor de Q. 2 500 además del resguardo del equipo eléctrico utilizado en las instalaciones
- Período simple de recuperación de la inversión: no determinado

#### **5.1.3.3. Organizacional**

No se requiere de capacitación al personal para la implementación de esta recomendación, además es importante resguardar la vida útil del equipo eléctrico utilizado en las instalaciones.

#### 5.1.4. Beneficios ambientales

No fue determinado ya que no se logró obtener un inventario completo de todo el equipo utilizado en las empresas que se utilizaron para realizar este estudio.

Tabla XVI. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta**  
**5.1**

<b>Inversión</b>	Q. 8 000
<b>Ahorro</b>	Evitar penalizaciones y resguardo de equipo

Fuente: elaboración propia.

#### 5.2. Aumentar iluminación natural

Una de las propuestas para implementar Producción más Limpia es la iluminación natural ya que con esta opción se obtienen ahorros económicos en consumo de energía eléctrica.

##### 5.2.1. Hallazgo

Durante el proceso de mediciones se observó que en las naves de producción dentro de las empresas tanto en las de confección y bordado como en las de hilado y teñido aprovechan la iluminación natural por medio de láminas de fibra de vidrio y una parte con láminas de policarbonato. Se realizó un análisis de calidad de iluminación en las áreas de producción, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla XVII. **Resultados de análisis de calidad de iluminación en el proceso de hilado y teñido empresa F**

Área	Promedio (luxes)	Estándar (luxes)	Cumplimiento
Tejido circular (línea #1)	203,6	150	Si
Tejido circular (línea #2)	241,6	150	Si
Tejido circular de algodón	384,7	150	Si
Estampadora	207,2	150	Si
Área de ramado	106,4	150	No
Control de calidad	175,2	500	No
Teñido de tela	153,4	150	No
Tejido plano (línea #1)	515,0	250	Si
Tejido plano (línea #2)	394,5	250	Si
Circulares #2	187,3	150	Si

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que en el área de ramado, control de calidad y teñido de tela no se cumple con los estándares mínimos de iluminación.

### 5.2.2. Propuestas

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

### 5.2.2.1. Cambio de láminas de fibra de vidrio por policarbonato y aumento de número de láminas

Al implementar esta recomendación se puede mejorar la calidad de iluminación y reducir el consumo de energía eléctrica en el área dónde se mantienen encendidas las luminarias. Las láminas deben aumentar su número y podrían sustituirse en grupos de 4 láminas. Específicamente para la empresa F que tiene un techo de 2 aguas se tienen 14 láminas de fibra vidrio en el área de engomado y teñido de tela, éstas se pueden reemplazar y aumentar su número a 28.

Figura 24. **Ordenamiento de láminas de policarbonato**



Fuente: elaboración propia.

En el área de control de calidad y termofijado se debe colocar 12 láminas en parejas, de la siguiente forma ya que en esta área no hay láminas de fibra de vidrio únicamente láminas galvanizadas.

Figura 25. **Ordenamiento de láminas de policarbonato**



Fuente: elaboración propia.

### **5.2.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### **5.2.3.1. Técnica**

Se requiere comprar las láminas, que se encuentran disponibles en varias ferreterías del país. Además se necesita contratar personal especializado para cambiar las láminas, ya que por la altura a la que se encuentra el techo es peligroso que lo realice el personal de mantenimiento.

#### **5.2.3.2. Económica**

- Inversión: se requiere en total 40 láminas de policarbonato que, según cotizaciones realizadas, cuestan Q. 144 cada una.

$$40 \text{ láminas} * \frac{\text{Q. 144}}{1 \text{ lámina}} = \text{Q. 5 800}$$

A esto se le suma el 40% del costo aproximado de instalación:

$$\text{Q. 5 800} + 40\% = \text{Q. 8 100}$$

- Ahorros: al colocar láminas de policarbonato, se evita encender las luces todo el día en el área de control de calidad y termofijado, por lo que se reduciría el consumo de energía a únicamente 12 horas diarias.

Tabla XVIII. **Consumo energético por iluminación al colocar las láminas de policarbonato**

Área	Cantidad de luminarias	Tipo	Potencia (W)	Horas semanales	Energía semanal (Wh)	Energía anual (kWh)	Costo por iluminación
Área de ramado	24	T-12	75	60	108 000	5 616	Q 7 722,79
Control de calidad	28	T-12	75	60	126 000	6 552	Q 9 009,92

Fuente: elaboración propia.

Manteniendo las luces encendidas únicamente 12 horas diarias se tiene un costo por iluminación de Q. 16 700,00 anual.

- Período simple de recuperación de la inversión : 0,5 años = 6 meses

### 5.2.3.3. Organizacional

Aplicar esta propuesta, no implica ningún paro en el proceso productivo, ni capacitación del personal, por lo que es viable organizacionalmente. Por otra parte, una mejora en la calidad de la iluminación aumenta el desempeño de los trabajadores y mejora el ambiente de trabajo.

### 5.2.4. Beneficios ambientales

La reducción del consumo de energía eléctrica implica una reducción de la emisión de gases de efecto invernadero. En Guatemala se tiene un factor de

emisión de 2,32 lb de CO<sub>2 eq</sub>/ kWh generado, por lo que la empresa F estaría dejando de generar 12,8 ton de CO<sub>2 eq</sub>/año.

Tabla XIX. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta**  
**5.2**

<b>Inversión</b>	Q. 8 100,00
<b>Ahorro</b>	Reducción en el consumo de energía
<b>Beneficio ambiental</b>	12,8 ton de CO <sub>2 eq</sub> /año

Fuente: elaboración propia.

### **5.3. Buenas prácticas de aire comprimido**

Para la aplicación de buenas prácticas las empresas no necesitan inversión alguna más que de tiempo para verificar que el funcionamiento del equipo sea el adecuado.

#### **5.3.1. Hallazgo**

Al evaluar el funcionamiento del compresor y del sistema de distribución de aire comprimido no se encontró ningún aspecto a mejorar, ya que este equipo funciona según los parámetros óptimos. A pesar de esto, a continuación se presentan algunas buenas prácticas para el uso del aire comprimido, las cuales siempre es bueno recordarlas y verificar que se pongan en práctica.

### **5.3.2. Propuestas**

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

#### **5.3.2.1. Control de presión y utilización de frío externo**

Controlar la presión utilizando la mínima requerida por el proceso. Además de utilizar aire frío externo para la admisión al compresor, de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.

#### **5.3.2.2. Evitar operaciones en vacío y control de horas de operación**

Se debe evitar realizar operaciones en vacío y controlar las horas de operación dado que se podría estar sobre dimensionando la demanda necesaria para operar varios compresores por lo que es posible utilizar un controlador para éstos.

#### **5.3.2.3. Búsqueda de fugas, ventilación en el cuarto de compresores y utilización del número necesario de compresores**

Se debe realizar una búsqueda de fugas de aire periódicamente y repararlas lo más pronto posible. Así mismo se deben desconectar los compresores que no sean requeridos cuando la producción es baja y activar los compresores necesarios cuando la producción presenta picos altos. Además es

necesario que el calor generado por el compresor y el motor sea eliminado con una buena ventilación del cuarto donde se encuentra el equipo.

### **5.3.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### **5.3.3.1. Técnica**

Se necesita únicamente de una campaña bien elaborada acerca de las buenas prácticas para la utilización del equipo y establecer un programa de revisión para el buen uso de aire comprimido dentro de la empresa.

#### **5.3.3.2. Económica**

- Inversión: establecer un programa de buenas prácticas y revisión del buen uso del sistema de aire comprimido para obtener la optimización en el consumo de energía eléctrica, dicha inversión viene representada por el diseño de los programas ya que se requiere se realice una verificación trimestral con respecto a posibles fugas de aire comprimido que tenga el sistema.
- Ahorros: se podrán determinar en cuanto se empiece el programa de buenas prácticas y revisión del buen uso del sistema de aire comprimido.
- Período simple de recuperación de la inversión: no aplica

### **5.3.3.3. Organizacional**

Al establecer los programas de capacitación y al realizar una revisión de buenas prácticas en el uso de aire comprimido las empresas obtendrán un ahorro significativo de energía eléctrica.

### **5.3.4. Beneficios ambientales**

Se podrán determinar dependiendo del éxito que se logre alcanzar con los programa de revisión y buenas prácticas en el uso de aire comprimido.

## **5.4. Buenas prácticas en el uso de equipo eléctrico**

Para la aplicación de buenas prácticas las empresas no necesitan inversión alguna más que de tiempo para verificar que el funcionamiento del equipo sea el adecuado

### **5.4.1. Hallazgo**

Todas las empresas del estudio cuentan con un gran número de computadoras y electrónicos para uso en oficinas: impresoras, fotocopadoras, escáneres, faxes, plotters, etc. Los consumos unitarios de cada uno de estos equipos suelen ser relativamente bajos, pero considerados en conjunto y dado el gran número de horas que están en funcionamiento, supone una parte importante de la factura eléctrica de la organización.

## **5.4.2. Propuestas**

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

### **5.4.2.1. Establecer programas y campañas ambientales dentro de la empresa**

Las empresas deben establecer programas y campañas para crear una conciencia en los trabajadores. A continuación se presenta una serie de recomendaciones que pueden ayudar a ser más eficientes a la empresa y sobre todo trabajar en forma amigable con el medio ambiente:

- Considerar el consumo energético de los equipos en el momento de la compra.
- Compre equipos que cumplan con la normativa “Energy Star” de la USEPA (Agencia Ambiental de Protección de los Estados Unidos) o alguna similar.
- Solicite a sus proveedores equipos nuevos que le faciliten información sobre el consumo de energía, medido en condiciones normales de funcionamiento.
- Trate de adquirir aparatos eficientes multifuncionales como por ejemplo los aparatos que realizan las funciones de fotocopidora, impresora y escáner ya que estos consumirán menos energía que la suma de los aparatos que sustituye.

- Al terminar la jornada laboral mucho equipo eléctrico queda conectado a la red, aunque estén apagados del todo, consumen energía eléctrica. Para evitar estos “consumos fantasmas”, se recomienda conectar todos los equipos de una zona de trabajo en una base de enchufes múltiple, o regleta, con interruptor, de manera que al acabar la jornada laboral se puedan apagar todos a la vez de la toma de corriente pulsando el interruptor de apagado de la regleta.
- Si deja de utilizar la computadora durante períodos cortos (menos de una hora) de descanso o cuando esté en una reunión, se debe apagar, como mínimo, el monitor, dado que es el elemento de mayor consumo en una computadora (entre el 70 % - 80 % del total).
- En caso de ausentarse por períodos largos de su puesto de trabajo, es importante apagar la computadora totalmente, así como cualquier otro periférico conectado a ella.
- Se cree que los salvapantallas reducen la energía utilizada por el monitor, pero no es así. Únicamente el salva pantallas “negro” produce un ahorro de 7,5 w en comparación con el consumo habitual de Windows (es recomendable configurarlo para que se active tras 10 minutos de inactividad), para ahorrar energía.
- Los monitores con pantalla LCD consumen entre un 50 -70 % menos energía en modo de encendido que los monitores convencionales (CRT). Para una media de 8 horas de trabajo diario, el ahorro energético de un monitor LCD frente a un CRT del mismo tamaño puede llegar hasta 100 kWh al año. Además ahorran espacio y permiten visualizar mejor la imagen.

- Los oasis también representan un alto consumo de energía eléctrica, se recomienda apagarlos al terminar la jornada de trabajo o bien se deben instalar timers para que el encendido y apagado de los mismos sea automatizada.

### **5.4.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### **5.4.3.1. Técnica**

Se necesita únicamente de una campaña ambiental bien elaborada y establecer un programa de compras verdes.

#### **5.4.3.2. Económica**

- Inversión: para establecer un programa de buenas prácticas y programas de compras verdes en la optimización del consumo de energía eléctrica viene representado por el diseño, compra de papel e impresión de la campaña ambientalista, así como la búsqueda de proveedores que vendan equipo eficiente.
- Ahorro: se podrán determinar en cuanto se empiece el programa de campañas verde y la compra de productos amigables con el medio ambiente.
- Período simple de recuperación de la inversión: no aplica

#### **5.4.3.3. Organizacional**

Los programas de capacitaciones para empleados y establecer un programa de compras verdes deben ser primordiales para las industrias del sector textil. Ya que con la implementación de esta propuesta se obtendrá ahorros en el consumo de energía eléctrica.

#### **5.4.4. Beneficios ambientales**

Se podrán determinar dependiendo del éxito que se logre alcanzar con las capacitaciones y campañas ambientales.

### **5.5. Diseñar un plan de arranque de equipo eléctrico**

El diseño para el arranque del equipo eléctrico es parte del ahorro energético eléctrico el cual se debe de tomar en cuenta al momento de diseñar el ordenamiento del equipo eléctrico.

#### **5.5.1. Hallazgo**

Apartir de la factura del mes de noviembre proporcionada por la empresa I se observó que tienen una potencia contratada de 151,3 kW, sin embargo, en ese mes como en el mes anterior, la potencia consumida fue mayor a la contratada. Esto provoca una penalización por exceso de potencia.

## **5.5.2. Propuestas**

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

### **5.5.2.1. Creación de un plan de arranque**

La creación de un plan de arranque para los equipos, se debe realizar ya que con esto se evitarán los picos de potencia que se generan al encender los equipos. Es importante no encender todos los equipos de mayor potencia al mismo tiempo. Esto permitirá reducir la potencia consumida y por lo tanto, evitar el pago por exceso.

## **5.5.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

### **5.5.3.1. Técnica**

Se debe realizar un inventario de los equipos y la potencia que utilizan diariamente. A partir de esto se puede elaborar un plan de arranque, evitando encender los equipos de mayor demanda al mismo tiempo. Esto puede ser realizado por personal de la planta.

### 5.5.3.2. Económica

- Inversión: ninguna
- Ahorro: al evitar un exceso de la demanda evita el pago de la penalización por alta demanda. Esto equivale a un ahorro de, aproximadamente, Q. 90 por cada kW en que se disminuya el exceso de la demanda.
- Período simple de recuperación de la inversión: inmediato

### 5.5.3.3. Organizacional

Implementar esta propuesta no requiere ningún paro en el proceso productivo. Sin embargo, sí se requiere capacitación del personal encargado de los equipos para que estos sean encendidos según lo indicado en el plan realizado.

### 5.5.4. Beneficios ambientales

No estimado. La reducción de la demanda de energía eléctrica implica una reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

Tabla XX. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta**

**5.5**

<b>Ahorro</b>	Q. 90/ kW
---------------	-----------

Fuente: elaboración propia.

## **5.6. Mejorar el sistema de producción de aire comprimido**

Para obtener un mayor ahorro en el consumo de energía eléctrica se debe mejorar el sistema de producción de aire comprimido y no sobredimensionar la demanda.

### **5.6.1. Hallazgo**

La empresa I cuenta con 2 compresores, uno de tornillo de 20 HP y otro de pistón de 15 HP. Ambos operan entre 140-170 psi, para proporcionar aire comprimido a 90 psi a los pulpos automáticos para serigrafía.

### **5.6.2. Propuestas**

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

#### **5.6.2.1. Operar los compresores a la presión mínima requerida para el proceso**

Al comprimir el aire más de lo que se requiere, se tiene un gasto extra de energía eléctrica. Por lo que se propone operar los compresores a 95 psi, lo que permitiría ahorros energéticos. Se sabe que por cada 2 psi que se reduce la presión de compresión del aire en un compresor, se tiene un ahorro del 1 % de la energía eléctrica utilizada.

### **5.6.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### **5.6.3.1. Técnica**

Para implementar esta propuesta, se requiere graduar los compresores para que entreguen la presión requerida. Esto no se necesita ninguna persona especializada o tecnología adicional.

#### **5.6.3.2. Económica**

- Inversión: implementar esta opción no requiere ningún costo adicional.
- Ahorro: se obtiene un ahorro al utilizar aire comprimido a una presión más baja equivale a un 1 % de la energía eléctrica, por cada 2 psi que baja la presión. Por lo que si la presión se baja de 155 psi, en promedio, a 95 psi se obtiene un ahorro del 30 % del consumo total de energía.
- Período simple de recuperación de la inversión: Inmediato

#### **5.6.3.3. Organizacional**

El cambio de presión de aire comprimido no implica un paro en el proceso productivo y no requiere la capacitación del personal, por lo que es viable organizacionalmente.

#### 5.6.4. Beneficios ambientales

La reducción del consumo de energía eléctrica implica una reducción de la emisión de gases de efecto invernadero. En Guatemala se tiene un factor de emisión de 2,32 lb/kWh generado. Para conocer el beneficio ambiental se requiere conocer la disminución esperada del consumo de energía eléctrica y calcularlo como se calculó el beneficio ambiental en el apéndice A.

Tabla XXI. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta**  
**5.6**

<b>Ahorro</b>	El ahorro en utilizar aire comprimido a una presión más baja equivale a un 1% de la energía eléctrica por cada 2 psi que baja la presión.
---------------	---

Fuente: elaboración propia.

#### 5.7. Renovación de aire en planta

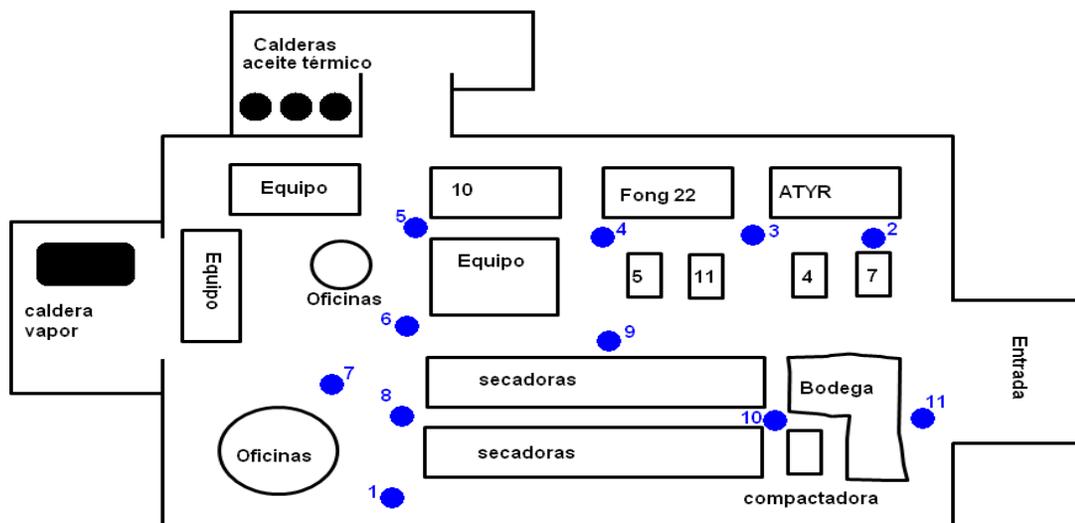
La renovación de aire es una de las prácticas que contribuye con la seguridad industrial de los empleados dentro de las empresas además que mejoran el ambiente de trabajo.

##### 5.7.1. Hallazgo

Durante las visitas de evaluación en planta de la empresa G, se pudo observar formaciones nubosas y pudo sentirse una atmosfera cargada en el ambiente de trabajo de la planta. No se localizaron extractores de aire en la planta de producción.

Se realizaron análisis de calidad de aire en interiores dentro de la planta de producción, se tomaron como muestra 11 puntos de lectura distribuidos en la planta a una altura de 1,6 metros que es la altura promedio de la nariz de los operarios. La distribución de los puntos de muestreo y los resultados obtenidos, fueron los siguientes:

Figura 26. **Disposición de planta y puntos de medición de calidad de aire en interiores**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resultados consolidados de los 11 puntos de muestreo**

	<b>Polvo &lt; 10micras</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
	(mg/m <sup>3</sup> )	(ppm)
<b>Promedio</b>	0,725	589
<b>Máximo</b>	2,838	823
<b>Mínimo</b>	0,000	484

Fuente: elaboración propia.

Según la guía sobre calidad de aire AQI (Air Quality Index), el límite aceptable de partículas en suspensión menores a 10 micras (polvos) para evitar problemas a la salud humana, en un período laboral, es de 0,150 mg/m<sup>3</sup>. Los resultados obtenidos muestran que en promedio los 11 puntos de medición sobrepasan el límite recomendado de 0,150 mg/m<sup>3</sup> con 0,725 mg/m<sup>3</sup>.

En cuanto a la concentración de dióxido de carbono, los resultados de 589 ppm obtenidos como promedio en los puntos de medición, no sobrepasan los 5 000 ppm establecidos por el reglamento de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) para un periodo laboral de 8 horas.

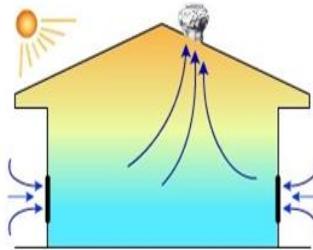
## **5.7.2. Propuestas**

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

### **5.7.2.1 Colocar extractores**

Al colocar extractores permitirá la circulación y renovación de aire dentro de la planta de producción para reducir los parámetros de partículas de polvo y de dióxido de carbono encontrados en la planta. La empresa puede decidir entre instalar extractores mecánicos o extractores eólicos para extraer el aire.

Figura 27. **Ilustración de extractores eólicos**



Fuente: <http://www.exovent.com/sistema.htm>. [Consulta:11 de abril de 2012].

Según estudios realizados para extractores eólicos, la capacidad de extracción dependerá de la velocidad del viento. El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) en su mapa de velocidad del viento promedio anual menciona que la velocidad del viento promedio para el departamento de Guatemala es de aproximadamente 4 km/h. Esta velocidad promedio le da la capacidad a un extractor eólico de 24 pulgadas de diámetro para remover 3 400 metros cúbicos de aire en una hora.

Existen normativas internacionales, como la NTAA43 (Fiber Glass Colombiana, S.A.) sobre calidad de aire y ventilación, que recomiendan una cantidad de 6 a 10 renovaciones de aire en una planta de producción por hora.

### **5.7.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

### 5.7.3.1. Técnica

La instalación de extractores mejorará la calidad de aire en los interiores de la planta. No es necesario de conocimiento técnico complejo para la instalación de extractores eólicos. Esta opción es aplicable, solo requiere la instalación de los extractores ya que no modifica la tecnología utilizada en el proceso productivo de la planta.

### 5.7.3.2. Económica

- Inversión: 

Costo Extractores	Q.1 200 x 10	Q. 12 000
Costo de Instalación (estimado)		<u>Q. 9 000</u>
Inversión Total		Q. 21 000
- Ahorros: no es posible asignar un beneficio económico a la aplicación de esta propuesta. Sin embargo existirá una mejora en el desempeño laboral al mejorar las condiciones de trabajo, reducirán las inasistencias por enfermedad y el impacto al organismo reducirá.
- Período simple de recuperación de la inversión: no determinado

### 5.7.3.3. Organizacional

Al mejorar la calidad de aire en el interior de la planta de producción puede aumentar el desempeño laboral de los colaboradores, disminuir días por enfermedad y mejora las condiciones en las áreas de trabajo de la planta.

#### 5.7.4. Beneficios ambientales

Mejorará el medio ambiente laboral aunque no exista una mejora al ambiente en general.

Tabla XXIII. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta**  
**5.7**

<b>Inversión</b>	Q. 21 000
<b>Ahorro</b>	Mejorará el desempeño laboral de los trabajadores ya que se reducirán las inasistencias por enfermedad y se reducirá el impacto al organismo.
<b>Beneficio ambiental</b>	Únicamente para los trabajadores.

Fuente: elaboración propia.

#### 5.8. Sustitución de iluminación por tecnología más eficiente

La sustitución de la iluminación es una de las prácticas que se utilizan para ahorrar energía eléctrica dentro de las plantas de la industria textil.

##### 5.8.1. Hallazgo

Durante las evaluaciones dentro de las plantas de la industria textil se observó que todas las empresas cuentan con una variedad de tecnología de iluminación.

#### **5.8.1.1. Empresa A**

Se pudo constatar que utilizan diferentes tipos de iluminación lo cual es muy común en las plantas de este sector de la industria. Se debe mencionar que la misma ya es de tecnología eficiente, utilizan por ejemplo iluminación T-12 en arreglos de 2 X 40 watts o 2 X 75 watts, arreglos de iluminación de T-8 en arreglos de 2 X 32 watts en: área de espera, sublimación y diseño. En el área de diseño utilizan tecnología T-5 en arreglos de 2 X 17 watts. Tienen instaladas en la parte alta de la nave de producción 28 lámparas de metalarc de 400 watts.

#### **5.8.1.2. Empresa B**

Se hizo un inventario de lámparas dentro de la planta (sin tomar en cuenta oficinas) y se cuantificó la siguiente cantidad de lámparas, dónde se observó que consumen un total de 12 992 kWh/mes. Casi todas las lámparas son tubos fluorescentes tipo T-12, a excepción de unas lámparas en el taller que son tubos fluorescentes T-8. Asumiendo un precio de energía de Q. 1,70 / kWh, se estima que la empresa está gastando mensualmente Q. 22 000 en iluminación de la planta.

#### **5.8.1.3. Empresa C**

Se observan que utilizan diferentes tipos de iluminación. En una nave de producción ya poseen en su totalidad de iluminación T-5, en la actualidad es una de las tecnologías más eficientes que existen, tanto en ahorro en potencia eléctrica, en calidad de iluminación y vida útil, pero aún no se concluido en su totalidad el cambio a este tipo de tecnología.

#### **5.8.1.4. Empresa F**

Se encuentran 314 tubos T-12 de 75 W en arreglos de dos tubos. En algunas áreas, las lámparas se mantienen encendidas todo el día, lo que implica el consumo de 127 000 kWh anuales aproximadamente. Según datos obtenidos por la empresa, el precio del kWh es de Q.1,38 lo que implica un costo de iluminación de Q. 175 000 anuales.

#### **5.8.1.5. Empresa H**

Se realizó un inventario y cuantificó lámparas, en algunas de las áreas de trabajo se tienen encendidas todo el día por lo que se consumen 85 380 kWh anuales aproximadamente. Según datos obtenidos por la empresa, el precio del kWh es de Q. 1,99 lo que implica un costo de iluminación de Q. 169 920 anuales.

#### **5.8.1.6. Empresa I**

Se realizó un inventario y cuantificó lámparas dentro de la planta, en algunas de las áreas de trabajo se tienen encendidas todo el día por lo que se consumen 9, 290 kWh anuales aproximadamente. Según datos obtenidos por la empresa, el precio del kWh es de Q. 1,14 lo que implica un costo de iluminación de Q. 10 546,74 anuales.

Figura 28. **Comparación de medidas de diferentes tecnologías de Iluminación**



Fuente: guía de iluminación en un acuario marino de arrecife - fluorescentes, *power compact* y *vho*<sup>7</sup>.

## 5.8.2. Propuestas

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

### 5.8.2.1. Cambio de tecnología en iluminación

El tipo de iluminación utilizado en las empresas del sector textil ya es eficiente, pero se puede mejorar aun más cambiando los tubos de tecnología T-12 que todavía tienen en uso; por iluminación T-8 o T-5. El cambio sugerido para dichas empresas es el siguiente:

---

<sup>7</sup> Acuario de arrecife. *Guía de Iluminación en un Acuario Marino de Arrecife - Fluorescentes, Power Compact y VHO.* <http://www.acuariodearrecife.com/parametros/iluminacion-4.htm>. Consulta (19 marzo 2012).

Tabla XXIV. **Iluminación recomendada**

<b>Iluminación utilizada actualmente</b>	<b>Iluminación recomendada</b>
T-12 de 75 Watts	T-8 de 59 Watts
T-12 de 40 Watts	T-8 de 32 Watts

Fuente: elaboración propia.

### **5.8.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### **5.8.3.1. Técnica**

En las instalaciones de la empresa ya cuentan con iluminación T-12, por lo que el cambio a tecnología T-8 es viable, pues la lámpara puede re-utilizarse y únicamente se tendría que hacer una inversión en la compra de tubos y balastos electrónicos.

#### **5.8.3.2. Económica**

- Inversión

Empresa A

84 tubos T-8 de 59 watts	Q. 28 c/u	Q. 2 352
42 balastos electrónicos 2X59	Q. 134 c/u	Q. 5 628
4 tubos T-8 de 32 watts	Q. 9 c/u	Q. 36
2 balastos electrónicos 2X32	Q. 85 c/u	<u>Q. 170</u>
Inversión Total		Q. 8 186

### Empresa B

Según el inventario realizado, se necesitan cambiar 880 tubos en total.

Esto equivale a una inversión de:

880 Tubos de 59 watts	Q. 30 c/u	Q. 26 400
440 Balastros de 59 watts	Q. 130 c/u	<u>Q. 57 200</u>
Inversión Total		Q. 83 600

### Empresa F

Según el inventario realizado, se necesitan cambiar 314 tubos en total.

Esto equivale a una inversión de:

314 Tubos de 59 watts	Q. 30 c/u	Q. 8 800
157 Balastros de 59 watts	Q. 130 c/u	<u>Q. 21 000</u>
Inversión Total		Q. 29 800

### Empresa H

Según el inventario realizado, se necesitan cambiar 196 tubos en total.

Esto equivale a una inversión de:

196 Tubos de 59 watts	Q. 30 c/u	Q. 5 880
98 Balastros de 59 watts	Q. 130 c/u	<u>Q. 12 740</u>
Inversión Total		Q. 18 620

### Empresa I

Según el inventario realizado, se necesitan cambiar 24 tubos en total.

12 tubos T-8 de 59 watts	Q. 28 c/u	Q. 336
6 balastros electrónicos 2X59	Q. 134 c/u	Q. 804
12 tubos T-8 de 32 watts	Q. 9 c/u	Q. 108
6 balastros electrónicos 2X32	Q. 85 c/u	<u>Q. 510</u>
Inversión total		Q. 1 800

- Ahorro

Empresa A

El ahorro que se obtendría al cambiar de tecnología de iluminación sería de:  $Q. 1\,477,44 - Q. 1\,164 = Q. 313 / \text{mes} \times 12 = Q. 3\,756/\text{año}$

Fuente: apéndice A.

Empresa B

El ahorro que se obtendría al cambiar de tecnología de iluminación sería de:  $Q. 22\,085 - Q. 17\,454 = Q. 4\,631 \text{ mensuales} \times 12 = Q. 55\,572/\text{año}$

Fuente: apéndice A.

Empresa F

El ahorro que se obtendría al cambiar de tecnología de iluminación sería de:  $Q. 175\,000 - Q. 138\,000 = Q. 37\,000/\text{año}$

Fuente: apéndice A.

Empresa H

El ahorro que se obtendría al cambiar de tecnología de iluminación sería de:  $Q. 14\,160 - Q. 11\,140 = Q. 3\,020 \text{ mensuales} \times 12 = Q. 36\,240/\text{año}$

Fuente: apéndice A.

Empresa I

El ahorro que se obtendría al cambiar de tecnología de iluminación sería de:  $Q. 10\,500 - Q. 8\,300 = Q. 2\,200/\text{año}$

Fuente: apéndice A.

- Período simple de recuperación de la inversión: a continuación se presenta la recuperación de inversión para cada una de las empresas a las que les aplica la propuesta anterior.

Tabla XXV. **Correspondiente al período de recuperación de la inversión**

<b>Empresa</b>	<b>Período de recuperación (meses)</b>
<b>A</b>	24
<b>B</b>	18
<b>C</b>	No estimado
<b>F</b>	10
<b>H</b>	7
<b>I</b>	10

Fuente: apéndice A.

### **5.8.3.3. Organizacional**

Aplicar esta propuesta, ya que no implica ningún paro en el proceso productivo, no necesita de capacitación del personal, por lo que es viable organizacionalmente.

### **5.8.4. Beneficios ambientales**

Al realizar el cambio en tecnología se logra reducir en cantidades significativas las emisiones de dióxido de carbono al ambiente, además de que al minimizar el uso de energía eléctrica, indirectamente se disminuye la generación de gases efecto invernadero para la producción de electricidad.

Tabla XXVI. Cantidad de toneladas de CO<sub>2eq</sub>/año

Empresa	Ton de CO <sub>2eq</sub> /año
A	0,25
B	35,00
C	No estimado
F	28,50
H	20,00
I	02,00

Fuente: apéndice A.

Tabla XXVII. Resumen de resultados para la aplicación de la 5.8

	A	B	F	H	I
<b>Inversión</b>	Q. 8 186	Q. 83 600	Q. 29 800	Q. 18 620	Q. 1 800
<b>Ahorro</b>	Q. 3 756	Q. 55 572	Q. 37 000	Q. 36 240	Q. 2 200
<b>Beneficio ambiental</b>	0,25 ton de CO <sub>2 eq</sub> /año	35 ton de CO <sub>2 eq</sub> /año	28,5 ton de CO <sub>2 eq</sub> /año	20 ton de CO <sub>2 eq</sub> /año	2 ton de CO <sub>2 eq</sub> /año

Fuente: elaboración propia.

## 5.9. Aislamiento de intercambiadores de calor en equipo de tinte

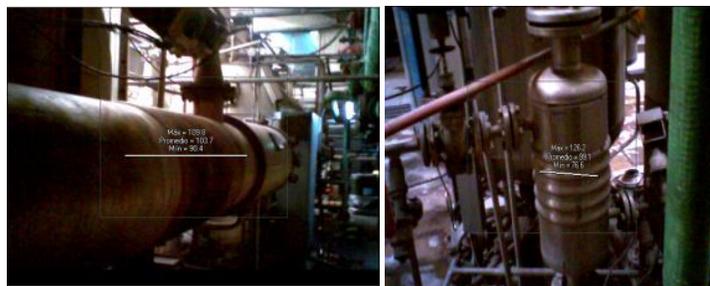
El aislamiento en los intercambiadores de calor se debe utilizar para poder obtener un ahorro considerable en el consumo de combustible.

### 5.9.1. Hallazgo

Se observó que los intercambiadores de calor de los equipos de tinte en la empresa G, no se encuentran aislados esto con el fin de evitar pérdidas de

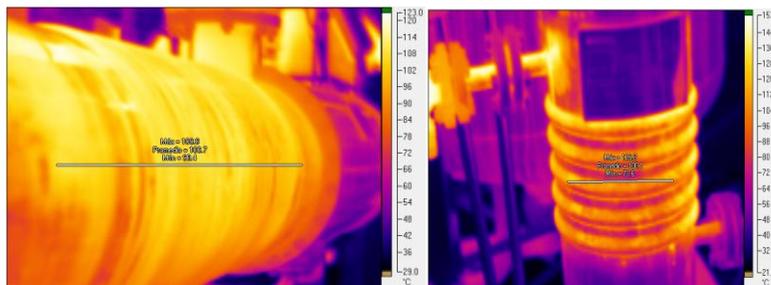
energía por calor. Los operarios de los diferentes equipos mencionaron que en promedio los equipos trabajan a temperaturas entre 135 °C y 60 °C durante una hora y cinco horas respectivamente.

Figura 29. **Intercambiadores de calor sin aislante térmico en equipo de tinte**



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Intercambiador de calor de equipo de tinte**



Fuente: elaboración propia.

### 5.9.2. **Propuestas**

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

### **5.9.2.1. Instalar aislante en los intercambiadores de calor**

En los equipos de tinte en la empresa G, se propone para este caso en específico la instalación de aislante de 1,5 pulgadas de espesor. El aislante puede ser fibra de vidrio o cerámico.

### **5.9.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### **5.9.3.1. Técnica**

La instalación del aislamiento no afecta la operación de la producción, el porcentaje de aprovechamiento del vapor incrementará y se reducirían los costos en la producción debido a la disminución del consumo de búnker en la caldera para la generación del vapor.

#### **5.9.3.2. Económica**

- Inversión

Costo de aislante térmico de Q. 25/pie lineal con 4 pies de ancho	
100 m lineales de aislante	Q. 2 500
Junta de Cañuelas	<u>Q. 500</u>
Inversión Total	Q. 3 000

- Ahorro

Con esta opción se tiene el potencial de ahorro de combustible de 88 galones de búnker al mes, asumiendo el costo de búnker para el año 2011 de Q. 20 /gal. El ahorro económico estimado es de Q. 1 800 al mes  
Ahorro total anual Q. 21 600

- Período de recuperación de la inversión: 0,14 años = 2 meses  
Ver apéndice A.

### **5.9.3.3 Organizacional**

La propuesta es aplicable, no se requiere de interrupción de proceso. La instalación puede ser realizada por el personal de mantenimiento y no representa desventajas de uso.

### **5.9.4. Beneficios ambientales**

Esta opción propone un ahorro en la quema de 14 GJ de búnker/mes. Este ahorro equivale a 1 100 kg de CO<sub>2eq</sub> al mes o 1,1 ton CO<sub>2eq</sub>. Ahorro total anual 13,0 ton CO<sub>2eq</sub>/ año. Ver apéndice A.

Tabla XXVIII. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.9**

<b>Inversión</b>	Q. 3 000
<b>Ahorro</b>	Q. 21 600
<b>Beneficio ambiental</b>	13,0 ton de CO <sub>2</sub> eq/año

Fuente: elaboración propia.

### **5.10. Aislamiento en líneas de distribución de vapor**

El aislamiento en las líneas de distribución de vapor ayuda a incrementar el ahorro de la energía térmica dentro de las plantas y se obtiene un ahorro económico en combustible.

#### **5.10.1. Hallazgo**

Durante las evaluaciones dentro de las plantas de la industria textil se observó que algunas de las empresas que participaron en el estudio no cuentan con las líneas de distribución de vapor aisladas.

##### **5.10.1.1. Empresa D**

Durante la visita a la a la planta, se observó que tuberías que conducen vapor a 80 psi se encuentran sin aislamiento térmico. Estas son tuberías de 20 metros de largo y de 2 pulgadas de diámetro.

Figura 31. **Tubería de vapor sin aislamiento en cuarto de lavado**

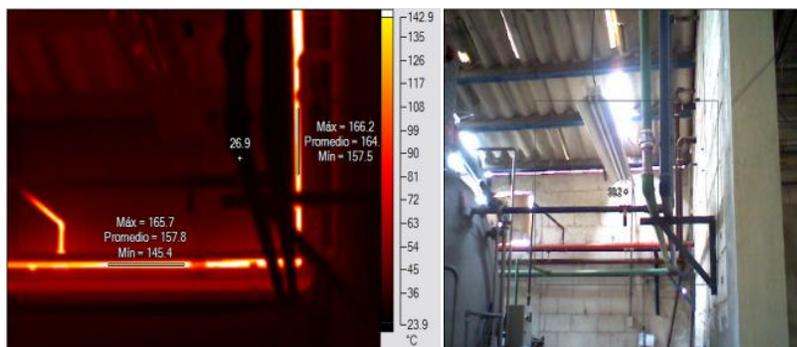


Fuente: elaboración propia.

### 5.10.1.2. **Empresa E**

Se identificaron varios tramos de tuberías de 1,5 pulgadas de diámetro dentro de la planta que no cuentan con aislamiento, produciendo pérdidas de energía térmica. Este déficit representa pérdidas en la calidad de vapor y por lo tanto un aumento en la demanda de las calderas durante el proceso. El Promedio de temperatura disipada en el ambiente es de 161,4 °C.

Figura 32. **Termografía de tuberías dentro del proceso muestra un diferencial de temperatura**



Fuente: elaboración propia.

### 5.10.1.3. Empresa F

Se realizaron termografías a la tubería de distribución de vapor. Se observó que existen áreas de tubería no aislada, que aunque representan menos del 10 % de la línea de distribución total, pueden generar pérdidas de calor.

Figura 33. Tubería no aislada



Fuente: elaboración propia.

### 5.10.2. Propuestas

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

#### 5.10.2.1. Aislamiento para tubería

Para la empresa D, se debe aislar térmicamente la tubería de 20 metros de largo para evitar que se tengan pérdidas por calor disipado. Se sugiere utilizar un aislante de 1,5 pulgadas de espesor ya que debido a la temperatura

encontrada es el espesor más recomendado para este equipo. Pueden utilizarse aislantes tanto de fibra de vidrio como de fibra mineral.

Figura 34. **De izquierda a derecha aislante de fibra de vidrio y de fibra mineral**



Fuente: elaboración propia.

Para la empresa E, se debe aislar la tubería de las líneas de vapor para que la energía en forma de calor no se disipe en el ambiente. Se sugiere realizar mantenimiento al aislante instalado ya que se observaron varios tramos con fallas en el aislamiento.

Dentro de la empresa F, se sugiere terminar de aislar toda la tubería de distribución de vapor. Esto para disminuir las pérdidas de calor a los alrededores y reducir el consumo de búnker.

### **5.10.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

### 5.10.3.1. Técnica

Viable técnicamente. La instalación puede ser realizada por personal de la empresa aunque se recomienda contratar servicios de terceras empresas. No se requieren cambios técnicos dentro del proceso. Reduce los gastos dentro del proceso sin mayores modificaciones y no aumenta la demanda de mantenimiento.

### 5.10.3.2. Económica

- Inversión

#### Empresa D

Costo de aislante térmico	Q.	105 / m
40 m de largo de aislante	Q.	4 200
Junta de Cañuelas		<u>Q. 300</u>
Inversión Total	Q.	4 500

#### Empresa E

Costo de aislante térmico	Q.	105 / m
10 m de largo de aislante	Q.	1 050
Junta de Cañuelas		<u>Q. 250</u>
Inversión Total	Q.	1 300

#### Empresa F

El pie lineal de fibra de vidrio, con un ancho de 4 pies y 1,5 pulgadas de espesor, tiene un costo aproximado de Q. 10. Se requiere medir la longitud de la tubería no aislada para calcular el costo total.

- Ahorros

#### Empresa D

Con esta opción se tiene el potencial de ahorro de combustible de 135 galones diesel. El costo promedio galón diesel para el año 2 011 es de Q. 30 /gal. El ahorro económico estimado al mes es de Q. 340. Ahorro total anual Q. 4 100.

- Período simple de recuperación de la inversión: 1,1 años = 13 meses.  
Ver apéndice A.

#### Empresa E

Con esta opción se tiene el potencial de ahorro de combustible de 17 galones búnker al mes (por 10 metros de tubería aislada). El costo promedio galón búnker para el año 2 011 es de Q. 21,26 /gal. El ahorro económico estimado al mes es de Q. 353. Ahorro total anual Q. 4 237.  
Ver apéndice A.

- Período simple de recuperación de la inversión: 0,3 años = 4 meses.  
Ver apéndice A.

#### Empresa F

Se puede observar que se puede lograr un ahorro de aproximadamente Q. 300 por cada pie de tubería no aislada. Ver apéndice A.

- Período simple de recuperación de la inversión: 0,03 años = 0,4 meses. Ver apéndice A.

### 5.10.3.3. Organizacional

La aplicación de esta propuesta en las empresas con potencial es viable organizacionalmente, ya que no requiere ningún paro en el proceso o capacitación del personal.

### 5.10.4. Beneficios ambientales

Los beneficios ambientales obtenidos en las empresas las cuales participaron en el estudio son los siguientes:

Tabla XXIX. Cantidad de toneladas de CO<sub>2eq</sub>/año

Empresa	Ton de CO <sub>2eq</sub> /año
D	1,70
E	2,58
F	4,89

Fuente: apéndice A.

Tabla XXX. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta**  
**5.10**

	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>Inversión</b>	Q. 4 500	Q. 1 300	Q. 10/4 pies y 1,5 plg de espesor
<b>Ahorro</b>	Q. 4 100	Q. 4 237	Q. 300 /pie de tubería
<b>Beneficio ambiental</b>	1,70 ton de CO <sub>2</sub> eq/año	2,58 ton de CO <sub>2</sub> eq/año	4,89 ton de CO <sub>2</sub> eq/año

Fuente: elaboración propia.

### 5.11. Aislamiento de tanque de condensados

Con el aislamiento del tanque de condensados se pueden obtener ahorros significativos en energía térmica y con respecto al manejo de combustible.

#### 5.11.1. Hallazgo

A lo largo del estudio realizado se observó que una empresa aún no cuentan con el tanque de condensados aislado y está obteniendo pérdidas por calor.

##### 5.11.1.1. Empresa F

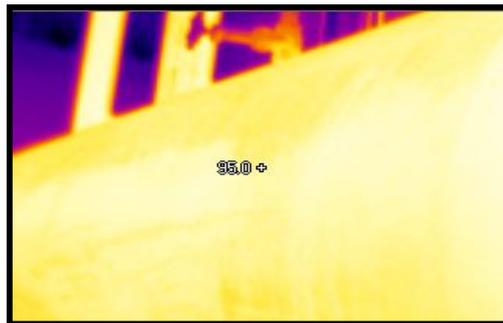
Se realizaron termografías a los tanques de condensados, éstos no se encuentran aislados y presentan altas temperaturas, lo que implica que el calor se está disipando a los alrededores.

Figura 35. **Termografía del tanque de condensados 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Termografía de tanque de condensados 2**



Fuente: elaboración propia.

### 5.11.2. **Propuestas**

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

### **5.11.2.1. Aislar tanques de condensados**

Se debe realizar esta sugerencia para mantener el calor de los condensados. Los condensados tienen una alta energía calorífica, que se está perdiendo. Al aislar los tanques se mantendrá este calor y se requerirá menos combustible para evaporar los condensados nuevamente, ya que tienen una temperatura muy cercana a su punto de ebullición.

### **5.11.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### **5.11.3.1. Técnica**

Es viable técnicamente, se puede colocar aislante de fibra de vidrio. Éste puede comprarse en varias tiendas y se coloca fácilmente, no requiere ningún equipo adicional.

#### **5.11.3.2. Económica**

- Inversión: el pie lineal de fibra de vidrio, con un ancho de 4 pies, tiene un costo aproximado de Q. 10. En este caso se requerirán aproximadamente 10 pies lineales por tanque.

$$2 \text{ tanques} * \frac{10 \text{ft lineal}}{\text{tanque}} * \frac{Q10}{1 \text{ ft lineal}} = Q200$$

- Ahorro: el ahorro del tanque 1 es de Q. 5 300/año. El ahorro del tanque 2 es de Q. 6 700/año. Ver apéndice A.
- Período de recuperación de la inversión: 0,017 años = 0,2 meses. Ver apéndice A.

### 5.11.3.3. Organizacional

La aplicación de esta recomendación es viable organizacionalmente, ya que no requiere ningún paro en el proceso o capacitación del personal.

### 5.11.4. Beneficios ambientales

Reducción de gases de efecto invernadero de 5,5 ton CO<sub>2eq</sub>/año.

Fuente: apéndice A.

Tabla XXXI. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta**  
5.11

<b>Inversión</b>	Q. 200 / tanque
<b>Ahorro</b>	Tanque No. 1 Q. 5 300
	Tanque No. 2 Q. 6 700
<b>Beneficio ambiental</b>	5,5 ton de CO <sub>2eq</sub> /año

Fuente: elaboración propia.

## **5.12. Análisis periódico de eficiencia de combustión de la caldera**

Es importante realizar un análisis periódico de eficiencia de combustión de la caldera dentro de la empresa ya que la caldera es el corazón de todo proceso que utiliza vapor.

### **5.12.1. Hallazgo**

Se observó que durante las evaluaciones en planta algunas empresas que cuentan con caldera no llevan un control con respecto a la eficiencia de las calderas.

#### **5.12.1.1. Empresa E**

La eficiencia de combustión es un índice de la habilidad de un equipo de combustión para quemar completa y eficientemente el combustible. La cantidad de combustible no quemado y el exceso de aire en la salida de la caldera son parámetros útiles para estimarla. Los quemadores bien diseñados para combustible líquidos o gaseosos operan en el rango de 15 % y 10 % de exceso de aire para combustibles más comunes, líquidos y gaseosos, respectivamente. Al realizar el análisis de eficiencia de la caldera por medio del Testo 335 Data Logger, se obtuvo que la eficiencia promedio de las calderas fue de 85,73 %.

#### **5.12.1.2. Empresa F**

Cuenta con tres calderas: una de 200 HP, una de 100 HP y una de 200 HP que funciona con aceite térmico. Las tres calderas utilizan búnker como combustible. Se encuentran operando las calderas de 200 HP, una en el área

de teñido y producción de tela, y la otra en el área de termofijado. Al realizar el análisis de eficiencia de la caldera por medio del Testo 335 Data Logger, se obtuvo que la eficiencia promedio de las calderas fue de 83,61 %. Se realizaron pruebas variando el exceso de aire en la entrada, lo que no provocó ninguna mejora en la eficiencia, por lo que se puede concluir que las calderas tienen una eficiencia aceptable.

### **5.12.2. Propuestas**

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

#### **5.12.2.1. Realizar un monitoreo periódico de la eficiencia de combustión de las calderas**

Se sugiere para ambas empresas realizar un monitoreo periódico para mantener una buena eficiencia, mediante el control del exceso de aire a la cámara de combustión de la caldera. Una graduación correcta de la relación de aire de exceso en la entrada del sistema genera ahorros económicos.

### **5.12.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

### **5.12.3.1. Técnica**

Este análisis puede ser realizado por las empresas que prestan servicios de mantenimientos de caldera y puede ser contratada una tercera empresa periódicamente para corroborar datos. El ajuste del dámper de entrada de aire a la cámara de combustión de la caldera puede ser realizado por el personal de mantenimiento de la empresa. Reduce los gastos de proceso sin modificaciones al modo de producción actual.

### **5.12.3.2. Económica**

- Inversión: análisis de eficiencia de combustión Q. 3 000/ mensual X 12 meses, inversión total anual Q. 36 000.
- Ahorros: con esta opción se tiene el potencial de ahorro de combustible es de 270 galones de búnker/mes El costo promedio galón búnker para el 2011 es de Q. 21,26 /gal El ahorro económico estimado es de Q.5 700 al mes al aumentar 1,1 % la eficiencia de combustión de las calderas 2 y 3, sin tomar en cuenta los ahorros debido a la caldera de aceite térmico. Ahorro total anual Q. 68 800. Ver apéndice A.
- Periodo de recuperación de la inversión: 0,52 años = 7 meses. Ver apéndice A.

### **5.12.3.3. Organizacional**

Es altamente aplicable, ya que no se requiere de interrupción de proceso.

#### 5.12.4. Beneficios ambientales

Con esta opción se tiene un ahorro en la quema de 43,8 GJ búnker/mes, equivale a 3,4 ton CO<sub>2eq</sub>/ año. Ver apéndice A.

Tabla XXXII. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta**  
**5.12**

	<b>E y F</b>
<b>Inversión</b>	Q. 36 000
<b>Ahorro</b>	Q. 68 800
<b>Beneficio ambiental</b>	3,4 ton de CO <sub>2eq</sub> /año

Fuente: elaboración propia.

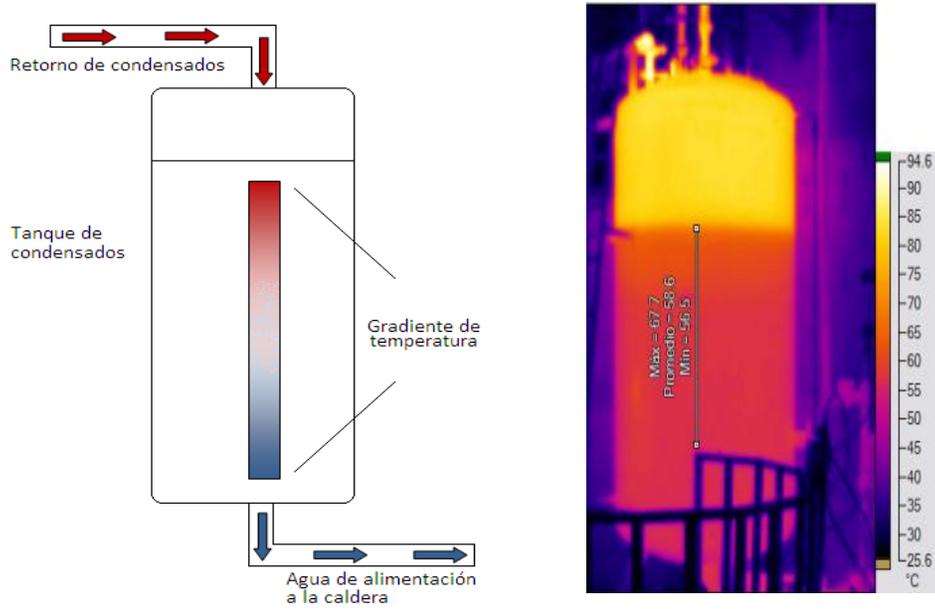
#### 5.13. Homogenización de tanque de condensados

Es necesario homogenizar el tanque de condensados para hacer el sistema de vapor más eficiente.

##### 5.13.1. Hallazgo

La alimentación de condensados es realizada en la parte superior al tanque de retorno de condensados. El agua de mayor temperatura ingresa a la superficie del tanque y la succión para el agua de alimentación a la caldera es realizada por el fondo del mismo tanque. El agua de fondo posee menor temperatura que el agua de la superficie.

**Figura 37. Termografía del sistema actual de ingreso de condensados al tanque de condensados, muestra el diferencial de temperatura en la parte superior e inferior**



Fuente: elaboración propia.

### 5.13.2. Propuestas

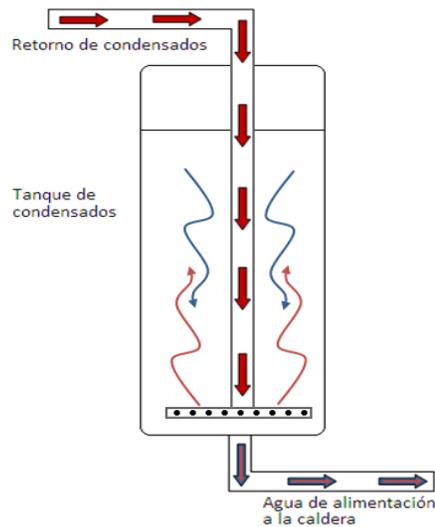
Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

#### 5.13.2.1. Instalar dentro del tanque de condensados una tubería

Al colocar esta tubería permitirá que los condensados ingresen en la parte inferior del tanque y no en la superficie como se encuentra actualmente, ya que

por la parte baja permitirá que exista una mezcla entre los condensados y el agua de menor temperatura de la parte baja del tanque. Los cambios de densidades permitirán flujos que homogenicen la temperatura dentro del tanque, elevando así la temperatura del agua de ingreso a la caldera.

Figura 38. **Sistema propuesto de ingreso de condensados al tanque de condensados**



Fuente: elaboración propia.

### 5.13.3. Viabilidad

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### 5.13.3.1. Técnica

Únicamente es necesario añadir una tubería dentro del tanque que permita el ingreso de los condensados hasta la parte más baja del tanque, a



#### 5.13.4. Beneficios ambientales

Esta opción propone un ahorro en la quema de 5,12 GJ búnker/mes. Este ahorro equivale a 400 kg de CO<sub>2eq</sub> al mes o 0,4 ton CO<sub>2eq</sub>. Ahorro total anual 4,8 ton CO<sub>2eq</sub>/ año. Ver apéndice A.

Tabla XXXIII. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.13**

<b>Inversión</b>	Q. 1 500
<b>Ahorro</b>	Q. 8 200
<b>Beneficio ambiental</b>	4,8 ton de CO <sub>2eq</sub> /año

Fuente: apéndice A.

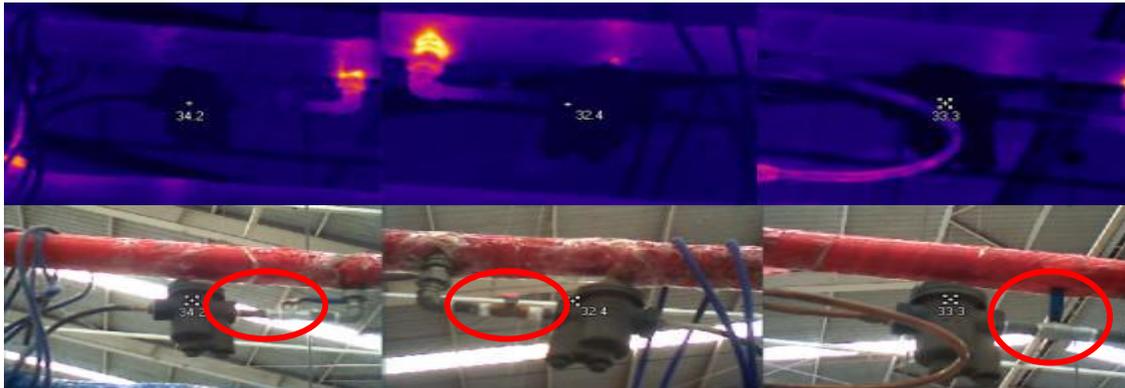
#### 5.14. Inventario de trampas de vapor

El inventario de trampas de vapor es importante ya que éste nos indicará cual es el período de tiempo de utilidad de cada una de las trampas de vapor.

##### 5.14.1. Hallazgo

Se realizó un recorrido para realizar un análisis termográfico a todas las trampas de vapor que se localizan en el área de planchado. Se determinó que tres de las trampas de vapor no están en funcionamiento. Dos de ellas tienen cerrada la llave de paso de vapor y la otra no posee flujo de vapor aunque esté abierta la llave.

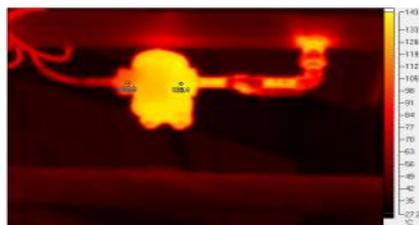
Figura 39. **Trampas de vapor que no están en funcionamiento**



Fuente: elaboración propia.

Todas las demás trampas de vapor se encontraron en funcionamiento. A continuación un ejemplo de una trampa en funcionamiento.

Figura 40. **Trampa de vapor en funcionamiento**



Fuente: elaboración propia.

### 5.14.2. **Propuestas**

Se presenta un análisis para la aplicación de una serie de propuestas en con las cuales se obtendrán beneficios tanto económicos como ambientales si se aplican.

#### **5.14.2.1. Realizar el mantenimiento a las trampas de vapor**

Es necesario establecer un programa de mantenimiento que establezca la periodicidad de chequeo de las trampas de vapor.

#### **5.14.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

##### **5.14.3.1. Técnica**

El personal de mantenimiento de la empresa puede realizar la revisión de las trampas de vapor. Dentro de las desventajas se presenta el tiempo necesario que la persona de mantenimiento debe invertir en el programa. Con respecto a los beneficios se puede incluir una mejora en la calidad del vapor que llega a las planchas.

##### **5.14.3.2. Económica**

- Inversión: no determinada
- Ahorros: no determinados, pero existirá un ahorro de tiempo de planchado debido a la mejora de la calidad de vapor para el área de planchado.
- Período de recuperación de la inversión: no determinado

#### **5.14.3.3. Organizacional**

Propone beneficios, altamente aplicable, no requiere de interrupción de proceso de producción adicional al mantenimiento realizado.

#### **5.14.4. Beneficios ambientales**

No fue determinado ya que no se logró obtener un inventario completo de todo el equipo utilizado en las empresas que se utilizaron para realizar este estudio.

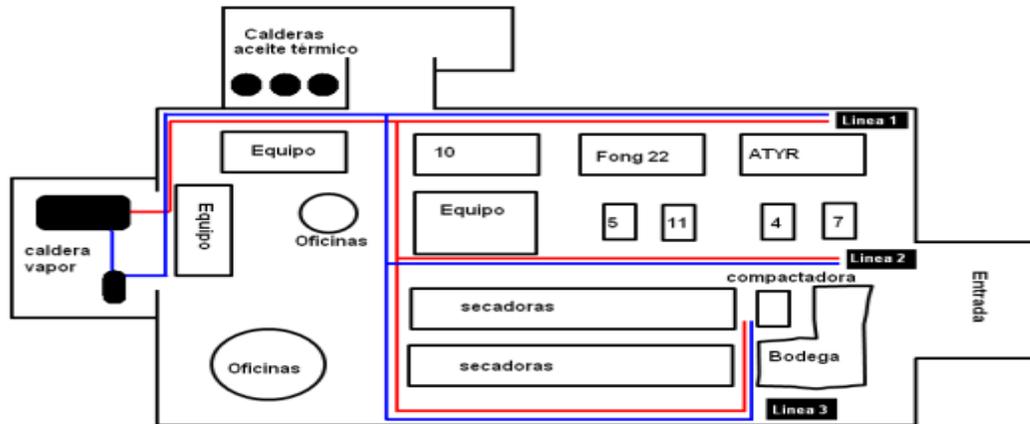
#### **5.15. Modificación en compactadora**

Al modificar la compactadora se puede obtener un ahorro de energía térmica ya que el vapor que se necesita para dicho equipo obtendrá un vapor de mejor calidad.

##### **5.15.1. Hallazgo**

Se encontró que existen tres líneas de distribución principales de vapor en la empresa G. Estas líneas están representadas en la figura 41.

Figura 41. **Líneas principales de distribución de vapor**



Fuente: elaboración propia.

La línea de distribución de vapor número 3 es de aproximadamente 50 metros de largo y únicamente cuenta con un usuario de vapor, la compactadora. Al final de la línea 3 existen aproximadamente 4 metros de tubería de 1 pulgada de diámetro que no han sido aislados. Finalmente se observó que la compactadora se encuentra a aproximadamente 5 metros de la línea 2 de la distribución de vapor.

Figura 42. **Tubería de alimentación de vapor y de retorno de condensados sin aislante**



Fuente: elaboración propia.

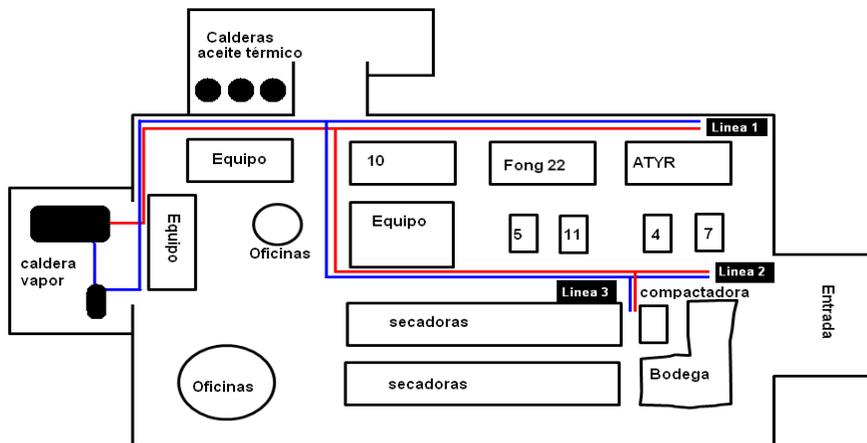
### 5.15.2. Propuestas

A continuación se presentan propuestas de aplicaciones las cuales al ser aplicadas aportarán un ahorro significativo para las empresas.

#### 5.15.2.1. Sustituir la línea de distribución de vapor

Al sustituir la línea de distribución de vapor número 3 por una extensión de la línea 2. De esta manera se reducirán aproximadamente 45 metros de tubería de vapor, que aunque se encuentre aislada, existen pérdidas de calor a los alrededores. Se recomienda modificar las líneas de distribución de la siguiente forma:

Figura 43. Sistema de distribución de vapor propuesto



Fuente: elaboración propia.

### **5.15.3. Viabilidad**

Para la aplicación de cada propuesta se evaluará si es viable técnicamente, económicamente y organizacionalmente.

#### **5.15.3.1. Técnica**

Viable ya que no se sacrifica la calidad del vapor a entregar a la compactadora. Es una modificación al sistema de distribución de vapor que no incurre en cambios de producción para el equipo. Únicamente es necesario añadir tubería para la conexión entre la línea 2 y la compactadora. De esta manera se evita la necesidad de aislamiento de la parte final de la tubería de distribución de vapor.

#### **5.15.3.2. Económica**

- Inversión : un día de reinstalación de tubería, con una inversión total Q. 350.
- Ahorros: con esta opción se tiene el potencial de ahorro de combustible de 50 galones de búnker/mes por la eliminación de tubería sin aislamiento. Asumiendo el costo de búnker para el año 2 011 de Q.20 /galón. El ahorro económico estimado es de Q. 1 000 / mes. Ahorro total anual Q. 12 000. Ver apéndice A.
- Período de recuperación de la inversión:  $0,02 \text{ años} = 1$

### 5.15.3.3. Organizacional

La propuesta es aplicable además de proponer beneficios ambientales y pone a disposición material que puede ser reutilizado dentro de la empresa. La instalación puede ser realizada por el personal de mantenimiento y no representa desventajas de uso.

### 5.15.4. Beneficios ambientales

Esta opción propone un ahorro en la quema de 8 GJ de búnker / mes. Este ahorro equivale a 616 kg de CO<sub>2eq</sub> al mes ó 0,6 ton CO<sub>2eq</sub>. Ahorro total anual 7,4 ton CO<sub>2eq</sub> / año. Ver apéndice A.

Tabla XXXIV. **Resumen de resultados para la aplicación de la propuesta 5.15**

<b>Inversión</b>	Q. 350
<b>Ahorro</b>	Q. 12 000
<b>Beneficio ambiental</b>	7,4 ton de CO <sub>2 eq</sub> /año

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Se evaluó el desempeño ambiental de cada una de las empresas y se obtuvo que en el proceso de confección y bordado la empresa con mayor eficiencia en energía eléctrica fue la empresa C y en energía térmica la empresa D; en el proceso de hilado y teñido lo obtuvo la empresa E tanto en energía eléctrica y como térmica; por otro lado en el proceso de serigrafía la empresa que desempeño mayor eficiencia en energía eléctrica fue la empresa H y en energía térmica la empresa I.
2. Se determinó las áreas con oportunidad de mejora dentro de cada una de las plantas, dónde se obtuvo que:
  - En el proceso de confección y bordado el mayor potencial se encontró en energía (eléctrica y térmica), desechos sólidos así como de agua.
  - En el proceso de hilado y teñido el mayor potencial se encontró en energía (eléctrica y térmica) y agua.
  - En el proceso de serigrafía el mayor potencial se encontró en energía eléctrica y reducción en el consumo de químicos.
3. Realizada la evaluación dentro de las empresas del sector textil se determinó mediante indicadores de desempeño que las empresas no han realizado un balance de los insumos que consumen de acuerdo a la productividad obtenida.

4. Se realizó una serie de propuestas para mejorar la eficiencia de las empresas participantes en este estudio, las cuales fueron detectadas de acuerdo a las necesidades de cada una de ellas las cuales se enfocaron específicamente en energía eléctrica y térmica.
5. Las propuestas de oportunidad que se ofrecen a las empresas son acorde al mejoramiento económico y eco-sostenibilidad ayudando a las empresas a ser eficientes manejando de una mejor manera sus insumos y siendo amigables con el medio ambiente.

## RECOMENDACIONES

1. Establecer indicadores de desempeño para crear una línea base que genere información acerca de cómo se encuentra una planta de la industria textil.
2. Realizar una auditoría energética en un intervalo de tiempo determinado para mantener un control de los insumos utilizados dentro de las plantas para que estas no desperdicien dichos recursos.
3. Implementar las propuestas descritas con anterioridad para lograr obtener ahorros sustanciales dentro de las empresas y así mismo, ser más eficientes a través del tiempo.
4. Todas las mejoras que se implementen dentro de las plantas de la industria textil deberán ser analizadas y evaluadas verificando que cumplan prácticas eco-sostenibles.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Acuario de arrecife. *Guía de Iluminación en un Acuario Marino de Arrecife - Fluorescentes, Power Compact y VHO*. [en línea] <http://www.acuariodearrecife.com/parametros/iluminacion-4.htm>. [Consulta: 19 de marzo de 2012].
2. Exovent. *Sistemas de ventilación eólico*. [en línea] <http://www.exovent.com/sistema.htm>. [Consulta: 11 de abril de 2012].
3. Fundación Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia. *Introducción a los conceptos y prácticas de Producción más Limpia*. Guatemala: CGP+L. 2009. 15 p.
4. -----[en línea] <http://cgpl.org.gt/cgpl>. [Consulta: 9 de febrero de 2012].
5. -----[en línea] <http://cgpl.org.gt/misionyvision> [Consulta: 10 de febrero de 2012].
6. -----[en línea] <http://cgpl.org.gt/misionyvision>[Consulta: 13 de febrero de 2012].
7. -----[en línea] <http://cgpl.org.gt/calidadyambiente> [Consulta: 15 de febrero de 2012].

8. -----[en línea] <http://www.cgpl.org.gt/otrosservicios> [Consulta: 15 de febrero de 2012].
9. GEANKOPLIS, C. J. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3a ed. México: CECSA, 1998. 1024 p.
10. KERN, DONALD Q. *Procesos de transferencia de calor*. México: CECSA, 1989. 981 p.
11. Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Evaluación de impactos al medio ambiente FAO*. [en línea] <http://www.fao.org/docrep/x2351s/x2351s06.htm> [Consulta: 23 de febrero de 2012].
12. PERRY, R. H. *Manual del ingeniero químico*. 6a ed. México: McGraw – Hill, Tomo II. Cap. 11. 156 p. 1992

## APÉNDICES

Apéndice A. **Muestra de cálculo**

Apéndice B. **Datos calculados**

Apéndice C. **Datos originales**

## Apéndice A. **Muestra de cálculo**

### **Confección-bordado, hilado-teñido y serigrafía**

A continuación se presentan una serie de cálculos que se realizaron para la obtención de resultados para las propuestas hechas para este estudio.

- **Aumentar iluminación natural**

Para determinar el Ahorro que se obtendrá al implementar esta propuesta se realizan los siguientes cálculos:

- **Energía semanal**

Para determinar la energía semanal que se consume con las luminarias se utiliza la siguiente ecuación:

$$Ees = (Cl \times P \times t) / 1000$$

(Ecuación 1)

Donde:

Ees= Energía eléctrica semanal que se consume (kWh)

Cl= Cantidad de luminaria

P= Potencia (W)

t= Tiempo de ocupación semanal (h)

Ejemplo No.1: Se determinó la cantidad de energía semanal requerida para el área de ramado:

$$Ees = (24 \times 75 \times 60) / 1000 = 108 \text{ kWh}$$

- **Energía anual**

Para determinar la energía anual que se consume con las luminarias se utiliza la siguiente ecuación:

$$Eea = Ees \times t$$

(Ecuación 2)

Donde:

Eea= Energía eléctrica anual que se consume (kWh)

t= Número de semanas de ocupación anual

Ejemplo No.2: Se determinó la cantidad de energía anual requerida para el área de ramado:

$$Ees = 108 \text{ kWh} \times 52$$

$$Ees = 5616 \text{ kWh}$$

- **Costo por iluminación**

Para determinar el costo de energía anual que se consume con las luminarias que se utiliza la siguiente ecuación:

$$Ceea = Eea \times Ckwh$$

(Ecuación 3)

Donde:

Ceea= Costo de energía eléctrica (Q)

Eea= Energía eléctrica anual que se consume (kWh)

CkWh= Costo de energía eléctrica (Q/kWh)

Ejemplo No.3: Se determinó el costo de energía anual requerida para el área de ramado:

$$C_{eea} = 5,616 \text{ kWh} \times Q \frac{1.38}{\text{kWh}} = Q \ 7 \ 722,79$$

- **Período simple de retorno de inversión**

Para determinar el período de retorno simple al implementar esta propuesta se utiliza la siguiente ecuación:

$$PSRI = I / A$$

(Ecuación 4)

Donde:

PSRI= período simple de recuperación de la inversión (años)

A= ahorro obtenido al implementar la propuesta (Q/año)

I= inversión para la implementación de propuesta (Q)

Ejemplo No.4: Se determinó el período simple de retorno de inversión al implementar la propuesta para el área de ramado:

$$PSRI = Q.8 \ 000 / Q.16 \ 700$$

$$PSRI = 0,5 \text{ años} \approx 6 \text{ meses}$$

- **Beneficio ambiental**

Para determinar el beneficio ambiental obtenido al implementar la propuesta se utiliza la siguiente ecuación:

$$ECO_{2eq} = Ea * \frac{2,32 \text{ lb } CO_2}{1 \text{ kWh}} * \frac{1 \text{ kg}}{2,2 \text{ lb}} * \frac{1 \text{ ton}}{1 \ 000 \text{ kg}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

$ECO_{2eq}$ = Emisiones de  $CO_{2eq}$  (ton  $CO_{2eq}$ /año)

Ea = Energía ahorrada por situación propuesta (kWh)

CkWh= Costo de Energía eléctrica (Q/kWh)

Ejemplo No.5: Se determinó el costo de energía anual requerida para el área de ramado:

$$ECO_{2eq} = 12\,200\text{ kWh} * \frac{2,32\text{ lb } CO_2}{1\text{ kWh}} * \frac{1\text{ kg}}{2,2\text{ lb}} * \frac{1\text{ ton}}{1\,000\text{ kg}}$$

$$ECO_{2eq} = 12,8\text{ ton } CO_2\text{ al año}$$

- **Mejorar el sistema de producción de aire comprimido**

Ahorro

Para determinar el ahorro al utilizar una presión más baja que se utiliza en la empresa I se utilizó la siguiente ecuación:

$$Pa = (Po - Pf) * \left(\frac{1}{2\text{psi}}\right) * 100$$

(Ecuación 6)

Donde:

Pa= presión ahorro (psi)

Cl= cantidad de luminaria

P= potencia (W)

t= tiempo de ocupación semanal (h)

Ejemplo No.6: Se determinó el ahorro al utilizar una presión más baja que la cual se utiliza en la empresa I:

$$Pa = (155\text{ psi} - 95\text{ psi}) * \left(\frac{1}{2\text{psi}}\right) * 100$$

$$Pa = 30\%$$

Es decir que se obtendría un ahorro del 30% del consumo total de energía que se consume en generación de aire comprimido.

- **Sustitución de iluminación por tecnología más eficiente**

Ahorro empresa A

Para determinar el ahorro al sustituir la iluminación por tecnología más eficiente se utilizó el procedimiento de la muestra de cálculo No.1:

Calculo de consumo en kWh / mes con iluminación T-12 de 75 watts:

$$\left( 84 \text{ tubos} \times 75 \text{ watts} \times \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \times \frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{1 \text{ kW}}{1,000 \text{ watts}} \right) = \mathbf{1\ 108,8 \text{ kWh/mes}}$$

Según recibos proporcionados por la empresa el precio promedio del kWh esta dado por 1,30 Q/kWh lo que se traduce en pago de facturación al mes por este tipo de iluminación de:

$$1\ 108,8 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \times \frac{1,30 \text{ Q}}{\text{kWh}} = \mathbf{Q. 1\ 441,44 / \text{mes}}$$

Calculo de consumo en kWh / mes con iluminación T-8 de 59 watts:

$$\left( 84 \text{ tubos} \times 59 \text{ watts} \times \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \times \frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{1 \text{ kW}}{1\ 000 \text{ watts}} \right) = \mathbf{872 \text{ kWh/mes}}$$

Calculo de pago de facturación de energía eléctrica con el cambio de tecnología:

$$872 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \times \frac{1,30 \text{ Q}}{\text{kWh}} = \mathbf{Q. 1\ 134 / \text{mes}}$$

Calculo de consumo en kWh / mes con iluminación T-12 de 40 watts:

$$\left( 4 \text{ tubos} \times 40 \text{ watts} \times \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \times \frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ watts}} \right) = \mathbf{28 \text{ kWh/mes}}$$

Pago de facturación de energía eléctrica con tecnología T-12 de 40 watts:

$$\frac{28 \text{ kWh}}{\text{mes}} \times \frac{1,30 \text{ Q}}{\text{kWh}} = \mathbf{Q. 36 / mes}$$

Calculo de consumo en kWh / mes con iluminación T-8 de 32 watts:

$$\left( 4 \text{ tubos} \times 32 \text{ watts} \times \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \times \frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ watts}} \right) = \mathbf{23 \text{ kWh/mes}}$$

Calculo de pago de facturación de energía eléctrica con el cambio de tecnología:

$$\frac{23 \text{ kWh}}{\text{mes}} \times \frac{1,30 \text{ Q}}{\text{kWh}} = \mathbf{Q. 30 / mes}$$

Ahorros totales en consumo de energía eléctrica al mes:

$$1136,8 - 895 = \mathbf{242 \text{ kWh/mes}}$$

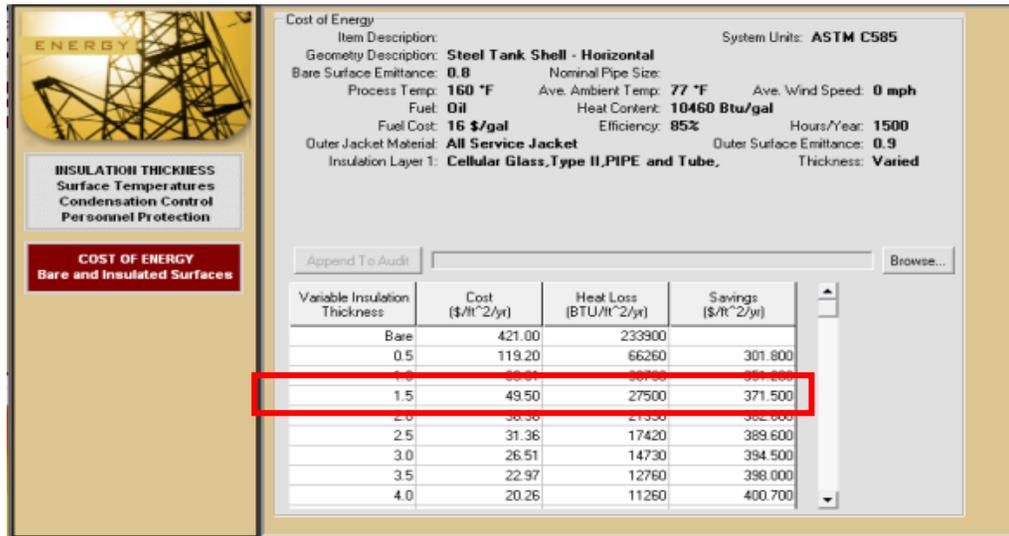
Ahorros totales económicos por facturación de energía eléctrica:

$$Q1\ 477,44 - Q1\ 164 = \mathbf{Q\ 313 / mes}$$

- **Aislamiento de intercambiadores de calor en equipos de tinte**

Para determinar el cálculo de aislamiento para el intercambiador de calor se utilizó el software 3 Eplus versión 4:

## Datos obtenidos a partir de software para ahorro en aislante de tanque de acopio

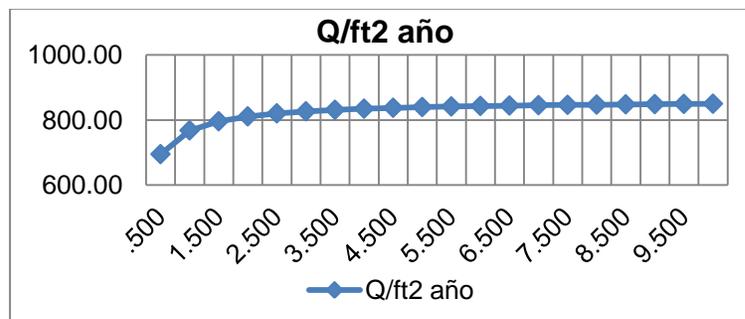


Fuente: elaboración propia.

Nota: El costo del combustible está en moneda nacional (Q), pero por el formato del programa 3E plus versión 4 aparece en (\$).

- **Ahorro de combustible**

### Determinación de grosor de aislante recomendado



Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta el grosor necesario de 1,5 in a partir de gráfica anterior y los datos obtenidos a partir del software se procede al siguiente cálculo:

Ahorro de energía = 27 500 BTU/pie \* año ó 296 036 BTU/m\*año  
Al aislar el intercambiador de calor utilizando para el cálculo 37 m<sup>2</sup>

Ahorro de energía = 296 036 BTU/m\*año x 37 m

Ahorro de energía= 11 000 000 BTU/año

Poder calorífico del bunker = 10 460 BTU/gal

Ahorro en combustible = 11 000 000 BTU/año / 10 460 BTU/gal

Ahorro en combustible = 1 052 gal/año

Costo del búnker para empresa G = 20 Q. /gal

Beneficio económico = 1 052 gal/ año x 20 Q. /gal = 21 040 Q. /año

- **Beneficio ambiental**

Ahorro anual de combustible = 1 052 gal/año ó 3 980 L/año

Poder calorífico del búnker = 41 809,77 kJ/L

Energía de combustible ahorrado = 3 980 L/año x 41 809,77 kJ/L

Energía de combustible ahorrado = 166 419 672 kJ ó 166,4 GJ

Factor de emisión del bunker = 78 kg CO<sub>2</sub> eq/GJ

Emisión total = 166,4 GJ x 78 kg CO<sub>2</sub> eq/GJ

Emisión total = 12 980,7 kg/año ó 12,9 ton CO<sub>2</sub> eq /año

Emisión total = 13 ton CO<sub>2</sub> eq /año

- **Aislamiento en líneas de distribución de vapor**

Para el cálculo de los ahorros que pueden llegar a obtenerse al aislar la tubería, se utilizó el software 3E Plus.

Se realizó el cálculo utilizando los siguientes datos:

- Combustible: Búnker
- Costo del combustible: Q22.00
- Tubería horizontal
- Tiempo de operación: 16 horas diarias, 5 días a la semana, 52 semanas al año = 4 160 horas
- Aislamiento: Fibra de vidrio de 1,5 pulgadas

### Ahorros por el aislamiento de tubería

Cost of Energy

Item Description: **Tubería** System Units: **ASTM C585**

Geometry Description: **Steel Pipe - Horizontal**

Bare Surface Emittance: **0.8** Nominal Pipe Size: **3 in.**

Process Temp: **262.4 °F** Ave. Ambient Temp: **71.6 °F** Ave. Wind Speed: **0 mph**

Fuel: **Oil** Heat Content: **138700 Btu/gal**

Fuel Cost: **22.00 \$/gal** Efficiency: **90%** Hours/Year: **4160**

Outer Jacket Material: **Painted Metal** Outer Surface Emittance: **0.8**

Insulation Layer 1: **Glass Fiber Felt, C1086-96(2004)** Thickness: **1.545 in.**

Append To Audit  Browse...

Variable Insulation Thickness	Cost (\$/ft/yr)	Heat Loss (BTU/ft/yr)	Savings (\$/ft/yr)
Bare	334.20	1900000	
Layer 1	35.08	199100	299.100

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que se puede lograr un ahorro de aproximadamente Q. 300 por cada pie de tubería no aislada.

**Nota: El costo del combustible está en moneda nacional (Q), pero por el formato del programa 3E plus versión 4 aparece en (\$).**

- **Aislamiento de tanque de condensados**

Para el cálculo de los ahorros que pueden llegar a obtenerse al implementar esta opción, se utilizó el software 3E Plus que permite calcular pérdidas de energía por falta de aislamiento. Este software fue desarrollado por la asociación de fabricantes de aislamiento de Norte América. Se realizó el cálculo utilizando los siguientes datos:

- Combustible: Búnker
- Costo del combustible: Q22.00
- Tanque horizontal
- Tiempo de operación: 16 horas diarias, 5 días a la semana, 52 semanas al año = 4160 horas
- Aislamiento: Fibra de vidrio de 1.5 pulgadas

Para el tanque 1:

### Ahorros que pueden obtenerse al aislar el tanque 1

Cost of Energy			
Item Description:	<b>Tanque de condensados 1</b>		System Units: <b>ASTM C585</b>
Geometry Description:	<b>Steel Tank Shell - Horizontal</b>		
Bare Surface Emittance:	<b>0.8</b>	Nominal Pipe Size:	
Process Temp:	<b>182.12 °F</b>	Ave. Ambient Temp:	<b>71.6 °F</b>
Fuel:	<b>Oil</b>	Heat Content:	<b>138700 Btu/gal</b>
Fuel Cost:	<b>22 \$/gal</b>	Efficiency:	<b>90%</b>
Outer Jacket Material:	<b>Painted Metal</b>	Outer Surface Emittance:	<b>0.8</b>
Insulation Layer 1:	<b>Glass Fiber Felt, C1086-96(2004)</b>	Thickness:	<b>1.5 in.</b>
<input type="button" value="Append To Audit"/> <input type="button" value="Browse..."/>			
Variable Insulation Thickness	Cost (\$/ft <sup>2</sup> /yr)	Heat Loss (BTU/ft <sup>2</sup> /yr)	Savings (\$/ft <sup>2</sup> /yr)
Bare	162.10	919800	
Layer 1	14.76	83760	147.300

Fuente: elaboración propia.

**Nota: El costo del combustible está en moneda nacional (Q), pero por el formato del programa 3E plus versión 4 aparece en (\$).**

Se puede observar que para el tanque 1, el ahorro es de Q. 147 por pie cuadrado al año. Se estima el área del tanque de condensados en 36 ft<sup>2</sup>. Por lo tanto:

$$36 \text{ ft}^2 * \frac{Q147}{1 \text{ ft}^2} = Q5\ 300 \text{ anuales}$$

Para el tanque 2:

### Ahorros que pueden obtenerse al aislar el tanque 2

Cost of Energy

Item Description: **Tanque de condensados 2** System Units: **ASTM C585**  
 Geometry Description: **Steel Tank Shell - Horizontal**  
 Bare Surface Emittance: **0.8** Nominal Pipe Size:  
 Process Temp: **203 °F** Ave. Ambient Temp: **71.6 °F** Ave. Wind Speed: **0.1 mph**  
 Fuel: **Oil** Heat Content: **138700 Btu/gal**  
 Fuel Cost: **22 \$/gal** Efficiency: **90%** Hours/Year: **4160**  
 Outer Jacket Material: **Painted Metal** Outer Surface Emittance: **0.8**  
 Insulation Layer 1: **Glass Fiber Felt, C1086-96(2004)** Thickness: **1.5 in.**

Append To Audit  Browse...

Variable Insulation Thickness	Cost (\$/ft <sup>2</sup> /yr)	Heat Loss (BTU/ft <sup>2</sup> /yr)	Savings (\$/ft <sup>2</sup> /yr)
Bare	202.80	1150000	
Layer 1	17.85	101300	184.900

Fuente: elaboración propia.

**Nota: El costo del combustible está en moneda nacional (Q), pero por el formato del programa 3E plus versión 4 aparece en (\$).**

Se puede observar que para el tanque 2, el ahorro es de Q185.00 por pie cuadrado al año. Se estima el área del tanque de condensados en 36 ft<sup>2</sup>. Por lo tanto:

$$36 \text{ ft}^2 * \frac{Q185}{1 \text{ ft}^2} = Q6\ 700 \text{ anuales}$$

Por lo tanto el ahorro total sería de Q. 12 000 anual en combustible.

Al aplicar esta propuesta se disminuye el consumo de búnker para generar energía y por lo tanto, se evita la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Por medio del software 3E Plus, también es posible calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> que deja de emitirse.

### Gases de efecto invernadero que no se emiten por aislar el tanque 1

Pollutant Reduction

Item Description: **Tanque de condensados 1** System Units: **ASTM C585**  
 Geometry Description: **Steel Tank Shell - Horizontal**  
 Bare Surface Emittance: **0.8** Nominal Pipe Size:  
 Process Temp: **182.12 °F** Ave. Ambient Temp: **71.6 °F** Ave. Wind Speed: **0.1 mph**  
 Fuel: **Oil** Heat Content: **138700Btu/gal**  
 Fuel Cost: **22 \$/gal** Efficiency: **90%** Hours/Year: **4160**  
 Outer Jacket Material: **Painted Metal** Outer Surface Emittance: **0.8**  
 Insulation Layer 1: **Glass Fiber Felt, C1086-96(2004)** Thickness: **1.5 in.**

Append To Audit  Browse...

Variable Insulation Thickness	CO2 (lb/ft/yr)	NOx (lb/ft/yr)	CE (lb/ft/yr)
Bare	163.300	0.315	44.510
Layer 1	14.880	0.029	4.053

Fuente: elaboración propia.

**Nota:** El costo del combustible está en moneda nacional (Q), pero por el formato del programa 3E plus versión 4 aparece en (\$).

## Gases de efecto invernadero que no se emiten por aislar el tanque 2

Pollutant Reduction

Item Description: **Tanque de condensados 2** System Units: **ASTM C585**  
 Geometry Description: **Steel Tank Shell - Horizontal**  
 Bare Surface Emittance: **0.8** Nominal Pipe Size:  
 Process Temp: **203 °F** Ave. Ambient Temp: **71.6 °F** Ave. Wind Speed: **0.1 mph**  
 Fuel: **Oil** Heat Content: **1387008tu/gal**  
 Fuel Cost: **22 \$/gal** Efficiency: **90%** Hours/Year: **4160**  
 Outer Jacket Material: **Painted Metal** Outer Surface Emittance: **0.8**  
 Insulation Layer 1: **Glass Fiber Felt, C1086-96(2004)** Thickness: **1.5 in.**

Append To Audit  Browse...

Variable Insulation Thickness	CO2 (lb/ft/yr)	NOx (lb/ft/yr)	CE (lb/ft/yr)
Bare	204.400	0.395	55.680
Layer 1	17.990	0.035	4.901

Fuente: elaboración propia.

**Nota: El costo del combustible está en moneda nacional (Q), pero por el formato del programa 3E plus versión 4 aparece en (\$).**

$$\left[ \frac{(163,3 - 14,9)lb}{ft} + \frac{(204,4 - 17,9)lb}{ft} \right] * 36 ft = 1\ 2053 lb de CO_{2eq}$$

Por lo que dejan de emitirse 5,5 ton de CO<sub>2</sub> al año al aislar ambos tanques.

## Apéndice B. Datos calculados

**Consumo de energía eléctrica semanal, anual y costo que representa en la planta de la empresa F dedicada al hilado y teñido en el área de termofijado y control de calidad situación actual**

Área	Cantidad de luminarias	Tipo	Potencia (W)	Horas semanales	Energía semanal (Wh)	Energía anual (kWh)	Costo por iluminación
Área de ramado	24	T-12	75	120	216 000	11 232	Q 15 445,57
Control de calidad	28	T-12	75	120	252 000	13 104	Q 18 019,83

Fuente: elaboración propia.

**Consumo de energía eléctrica semanal, anual y costo que representa en la planta de la empresa F dedicada al hilado y teñido en el área de termofijado y control de calidad situación propuesta**

Área	Cantidad de luminarias	Tipo	Potencia (W)	Horas semanales	Energía semanal (Wh)	Energía anual (kWh)	Costo por iluminación
Área de ramado	24	T-12	75	60	108 000	5 616	Q 7 722,79
Control de calidad	28	T-12	75	60	126 000	6 552	Q 9 009,92

Fuente: elaboración propia.

**Inventario de luminarias de la empresa B así como el consumo de energía eléctrica mensual y costo que representa en la planta dependiendo el área en situación actual**

Área	Tipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Días/mes	kWh/mes
Muestras	T-12	75	28	10	22	462
Mending	T-12	75	8	10	22	132
Manchas	T-12	75	16	10	22	264
Área de separación	T-12	75	22	10	22	363
Taller	T-12	75	2	10	22	33
	T-8	59	16	10	22	204
Planchas	T-12	75	108	5	22	891
Revisión	T-12	75	104	8	22	1 373
Empaque	T-12	75	36	8	22	475
Bodega	T-12	75	20	8	22	264
Líneas	T-12	75	304	10	22	5 016
Línea no activa	T-12	75	38	5	22	314
Inspección líneas	T-12	75	32	10	22	528
Corte	T-12	75	162	10	22	2 673
					Suma	12 992
					Costo	Q1,70
					<b>Costo</b>	<b>Q 22 085,82</b>

Fuente: elaboración propia.

**Inventario de luminarias de la empresa B así como el consumo de energía eléctrica mensual y costo que representa en la planta dependiendo el área en situación propuesta**

Área	Tipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Días/mes	kWh/mes
Muestras	T-8	59	28	10	22	363
Mending	T-8	59	8	10	22	104
Manchas	T-8	59	16	10	22	208
Area de separación	T-8	59	22	10	22	286
Taller	T-8	59	2	10	22	26
	T-8	59	16	10	22	208
Planchas	T-8	59	108	5	22	701
Revisión	T-8	59	104	8	22	1 080
Empaque	T-8	59	36	8	22	374
Bodega	T-8	59	20	8	22	208
Líneas	T-8	59	304	10	22	3 946
Línea no activa	T-8	59	38	5	22	247
Inspección líneas	T-8	59	32	10	22	415
Corte	T-8	59	162	10	22	2 103
					Suma	10 267
					Costo	Q1,70
					<b>Costo</b>	<b>Q17 454,21</b>

Fuente: elaboración propia.

**Inventario de luminarias de la empresa H así como el consumo de energía eléctrica mensual y costo que representa en la planta dependiendo el área en situación actual**

Área	Tipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Días/mes	kWh/mes
Transfer	T-12	75	6	22	22	218
Empaque	T-12	75	24	22	22	871
Despacho	T-12	75	2	22	22	73
Planchado en planta	T-12	75	6	22	22	218
Oficina producción	T-12	75	12	22	22	436
Máquina No. 1	T-12	75	14	22	22	508
Máquina No. 2	T-12	75	12	22	22	436
Máquina No. 3	T-12	75	16	22	22	581
Máquina No. 4	T-12	75	12	22	22	436
Máquina No. 5	T-12	75	12	22	22	436
Horno No. 1	T-12	75	2	22	22	73
Inspección Horno No. 2	T-12	75	10	22	22	363
Revisión de prenda	T-12	75	8	22	22	290
Oficina Control Calidad	T-12	75	8	22	22	290
Pintura y químicos	T-12	75	12	22	22	436
Tinta	T-12	75	2	22	22	73
Muestras No. 1	T-12	75	12	22	22	436
Muestras No. 2	T-12	75	2	22	22	73
Muestras No. 3	T-12	75	8	22	22	290
Muestras No. 4	T-12	75	4	22	22	145
Bodega de muestras	T-12	75	8	22	22	290
Preparación diseños	T-12	75	2	22	22	73
Recepción muestras	T-12	75	2	22	22	73
					Suma	7 115
					Costo	Q1,99
					<b>Costo</b>	<b>Q14 160</b>

Fuente: elaboración propia.

**Inventario de luminarias de la empresa H así como el consumo de energía eléctrica mensual y costo que representa en la planta dependiendo el área en situación propuesta**

Área	Tipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Días/mes	kWh/mes
Transfer	T-8	59	6	22	22	171
Empaque	T-8	59	24	22	22	685
Despacho	T-8	59	2	22	22	57
Planchado en planta	T-8	59	6	22	22	171
Oficina producción	T-8	59	12	22	22	343
Máquina No. 1	T-8	59	14	22	22	400
Máquina No. 2	T-8	59	12	22	22	343
Máquina No. 3	T-8	59	16	22	22	457
Máquina No. 4	T-8	59	12	22	22	343
Máquina No. 5	T-8	59	12	22	22	343
Horno No. 1	T-8	59	2	22	22	57
Inspección Horno No. 2	T-8	59	10	22	22	286
Revisión de prenda	T-8	59	8	22	22	228
Oficina Control Calidad	T-8	59	8	22	22	228
Pintura y químicos	T-8	59	12	22	22	343
Tinta	T-8	59	2	22	22	57
Muestras No. 1	T-8	59	12	22	22	343
Muestras No. 2	T-8	59	2	22	22	57
Muestras No. 3	T-8	59	8	22	22	228
Muestras No. 4	T-8	59	4	22	22	114
Bodega de muestras	T-8	59	8	22	22	228
Preparación diseños	T-8	59	2	22	22	57
Recepción muestras	T-8	59	2	22	22	57
					Suma	5 597
					Costo	Q1,99
					<b>Costo</b>	<b>Q 11 140</b>

Fuente: elaboración propia.

**Inventario de luminarias de la empresa I así como el consumo de energía eléctrica mensual, anual y costo que representa en la planta dependiendo el área en situación actual**

Tiempo de uso (h/año)	No. de luminarias	Tipo de lámpara - arreglo		Potencia real (W)	Potencia total (kW)	Consumo de energía (kWh/año)	Costo por consumo de energía (Q/año)
6 732	12	Tubos T-12	1x75	75	0,90	6 059	6 878,31
6 732	12	Tubos T-12	1x40	40	0,48	3 231	3 668,43

Fuente: elaboración propia.

**Inventario de luminarias de la empresa I así como el consumo de energía eléctrica mensual, anual y costo que representa en la planta dependiendo el área en situación propuesta**

Tiempo de uso (h/año)	No. de luminarias	Tipo de lámpara - arreglo		Potencia real (W)	Potencia total (kW)	Consumo de energía (kWh/año)	Costo por consumo de energía (Q/año)
6,732	12	Tubos T-8	1x59	59	0,71	4 766	5 410,94
6,732	12	Tubos T-8	1x32	32	0,38	2 585	2 934,75

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice C. Datos originales

- **Análisis de calidad de energía**

### CONFECCIÓN Y BORDADO

Empresa A

#### Valores de distorsión armónica total de corriente

Corrientes	THD %	NTSD
A	58,23	< 20%
B	15,56	< 20 %
C	101,45	< 20 %
Promedio	58,30%	

Fuente: elaboración propia.

#### Distorsión armónica total de voltaje

Voltajes	THD %	NTSD
A	3,70	< 8 %
B	3,43	< 8 %
C	3,26	< 8 %
Promedio	3,46 %	

Fuente: elaboración propia.

Empresa B

#### Valores de distorsión armónica total de corriente

Corrientes	THD %	NTSD
A	22,70	< 20%
B	57,87	< 20 %
C	42,27	< 20 %
Promedio	40,94%	

Fuente: elaboración propia.

### Distorsión armónica total de voltaje

Voltajes	THD %	NTSD
A	2,68	< 8 %
B	2,84	< 8 %
C	3,15	< 8 %
Promedio	2,89 %	

Fuente: elaboración propia.

### Empresa C

#### Valores de distorsión armónica total de corriente

Corrientes	THD %	NTSD
A	186,96	< 20%
B	110,69	< 20 %
C	65,60	< 20 %
Promedio	121,00%	

Fuente: elaboración propia.

### Distorsión armónica total de voltaje

Voltajes	THD %	NTSD
A	4,49	< 8 %
B	3,89	< 8 %
C	4,53	< 8 %
Promedio	3,30 %	

Fuente: elaboración propia.

## Empresa D

### Valores de distorsión armónica total de corriente

Corrientes	THD %	NTSD
A	17,27	< 20%
B	28,67	< 20 %
C	36,66	< 20 %
Promedio	27,53%	

Fuente: elaboración propia.

### Distorsión armónica total de voltaje

Voltajes	THD %	NTSD
A	3,27	< 8 %
B	3,42	< 8 %
C	3,28	< 8 %
Promedio	3,32 %	

Fuente: elaboración propia.

### Factor de potencia por empresa

Empresa	Factor de Potencia
A	0,72
B	0,95
C	0,65
D	0,77

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a materia prima**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes a la materia prima del proceso de confección y bordado.

### Materia prima de confección y bordado

Empresa	Unidad de operación	Materiales de entrada mensual		Materiales de salida mensual		Desechos mensual	
	Descripción	Nombre	Cantidad	Nombre	Cantidad	Nombre	Cantidad
A	- Diseño - Corte - Confección	Algodón	ND*	Prendas de vestir en general	62 500 prendas/m	- Agujas	ND*
		Cuerinas	ND*			- Papel	ND*
		Micro Fibras	ND*			-Retazos de tela	227 kg/mes
		Poliéster	ND*			-Retazo wipe	91 kg/mes
		Tela	ND*				
		Tejido punto	ND*				
B	- Costura - Planchado	Rollos de tela	ND*		650 000 prendas/m	Retazo de tela	ND*
						Plástico	
C	- Empacado	Hilo	ND*		833 333 prendas/m	Residuos de tela	8 000 kg/mes
		Tela				Papel y Cartón	ND*
		Tintes				Basura común	
D		Tela	ND*		1 000 000 prendas/m	Retazos de tela	68 m <sup>3</sup>
		Accesorios				Bolsas Plásticas	ND*

ND\*: No Disponible

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a los gases de chimenea**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes gases de chimenea del proceso de confección y bordado.

### Gases de chimenea de confección y bordado

Empresa	Temperatura ambiente °C	Oxígeno %	Eficiencia %	Dióxido de carbono %	Exceso de aire %
A	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
B	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
C	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
D	28,2	18,75	82,6	2,14	842,1

ND\*: No Disponible ya que utilizan únicamente energía eléctrica

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a las trampas de vapor**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes al inventario de trampas de vapor del proceso de confección y bordado.

### Inventario de trampas de vapor de confección y bordado

Trampa de vapor No.	Temperaturas de trampas de vapor	
	T <sub>entrada</sub> (°C)	T <sub>salida</sub> (°C)
1	128,3	88,0
2	135,0	80,2
3	132,0	71,6
4	130,4	48,3
5	128,5	97,3

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes al inventario de luminarias**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes inventario de luminarias del proceso de confección y bordado.

**Inventario de luminarias de la empresa B en la planta dependiendo el área en situación actual**

Área	Tipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día
Muestras	T-12	75	28	10
Mending	T-12	75	8	10
Manchas	T-12	75	16	10
Área de separación	T-12	75	22	10
Taller	T-12	75	2	10
	T - 8	59	16	10
Planchas	T-12	75	108	5
Revisión	T-12	75	104	8
Empaque	T-12	75	36	8
Bodega	T-12	75	20	8
Líneas	T-12	75	304	10
Línea no activa	T-12	75	38	5
Inspección líneas	T-12	75	32	10
Corte	T-12	75	162	10

Fuente: elaboración propia.

- **Análisis de calidad de energía**

Hilado y teñido

Empresa E

**Valores de distorsión armónica total de corriente**

Corrientes	THD %	NTSD
A	19,27	< 20%
B	19,63	< 20 %
C	20,50	< 20 %
Promedio	19,80%	

Fuente: elaboración propia.

**Distorsión armónica total de voltaje**

Voltajes	THD %	NTSD
A	4,37	< 8 %
B	4,57	< 8 %
C	4,41	< 8 %
Promedio	4,45 %	

Fuente: elaboración propia.

Empresa F

**Valores de distorsión armónica total de corriente**

Corrientes	THD %	NTSD
A	30,69	< 20%
B	38,99	< 20 %
C	31,06	< 20 %
Promedio	33,58%	

Fuente: elaboración propia.

### Distorsión armónica total de voltaje

Voltajes	THD %	NTSD
A	2,09	< 8 %
B	2,10	< 8 %
C	2,16	< 8 %
Promedio	2,11 %	

Fuente: elaboración propia.

Empresa G

### Valores de distorsión armónica total de corriente

Corrientes	THD %	NTSD
A	19,00	< 20%
B	19,21	< 20 %
C	19,68	< 20 %
Promedio	19,29%	

Fuente: elaboración propia.

### Distorsión armónica total de voltaje

Voltajes	THD %	NTSD
A	4,74	< 8 %
B	4,62	< 8 %
C	4,76	< 8 %
Promedio	4,71 %	

Fuente: elaboración propia.

### Factor de potencia por empresa

Empresa	Factor de Potencia
E	0,95
F	0,91
G	0,93

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a materia prima**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes a la materia prima del proceso de hilado y teñido.

### Materia prima de hilado y teñido

Empresa	Unidad de operación	Materiales de entrada mensual		Materiales de salida mensual		Desechos mensual		
	Descripción	Nombre	Cantidad	Nombre	Cantidad	Nombre	Cantidad	
E	- Lavado - Torsión - Teñido - Tejido Punto o Plano - Acabado - Empacado	Hilo	16 000 kg/mes	Telas de: Algodón, poliéster, mezcla de éstos e hilo teñido.	226 796,2 kg/mes	Cartón	ND*	
		Tintes	80 000 kg/mes			Plástico		
		Soda Caústica	20 000 kg/mes			Retazo de tela		
F		Hilo	ND*			ND*	Cartón de empaque	ND*
		Colorantes					Plástico	
		Químicos					Retazo de tela	
G		Algodón	45 000 kg/mes			ND*	Cartón	1 361
		Poliéster	ND*				Plástico	681
		Mezcla						

ND\*: No Disponible

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a los gases de chimenea**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes gases de chimenea del proceso de hilado y teñido.

### Gases de chimenea de hilado y teñido

Empresa	Temperatura °C	Oxígeno %	Eficiencia %	Dióxido de carbono %	Exceso de aire %
<b>E</b>	30,50	7,28	86,90	10,90	50,50
<b>F</b>	24,16	8,25	87,64	10,12	62,71
<b>G</b>	35,00	18,30	65,80	2,11	640,30

ND\*: No Disponible ya que utilizan únicamente energía eléctrica

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a las trampas de vapor**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes al inventario de trampas de vapor del proceso de hilado y teñido.

#### Inventario de trampas de vapor de hilado y teñido empresa E

Trampa de Vapor No.	Temperaturas de Trampas de Vapor	
	T <sub>entrada</sub> (°C)	T <sub>salida</sub> (°C)
1	85,80	75,30
2	159,20	102,20
3	124,30	108,20
4	102,10	50,90
5	107,60	92,90

Fuente: elaboración propia.

### Inventario de trampas de vapor de hilado y teñido empresa F

Trampa de Vapor No.	Temperaturas de Trampas de Vapor	
	T <sub>entrada</sub> (°C)	T <sub>salida</sub> (°C)
1	105,10	104,20
2	68,50	61,60
3	65,10	62,10
4	148,30	79,00
5	106,80	69,70

Fuente: elaboración propia.

### Inventario de trampas de vapor de hilado y teñido empresa G

Trampa de Vapor No.	Temperaturas de Trampas de Vapor	
	T <sub>entrada</sub> (°C)	T <sub>salida</sub> (°C)
1	150,70	97,50
2	88,60	83,50
3	145,90	90,60
4	160,30	99,70
5	148,20	120,50

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a la calidad de iluminación**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes la calidad de iluminación del proceso de hilado y teñido.

**Resultados de análisis de calidad de iluminación en el proceso de hilado y teñido empresa F**

Área	Promedio (luxes)	Estándar (luxes)	Cumplimiento
Tejido circular (línea #1)	203,60	150	Si
Tejido circular (línea #2)	241,60	150	Si
Tejido circular de algodón	384,70	150	Si
Estampadora	207,20	150	Si
Área de ramado	106,40	150	No
Control de calidad	175,20	500	No
Engomado	113,00	150	No
Teñido de tela	153,40	150	No
Teñido de hilo	167,00	150	Si
Coneras	190,40	150	Si
Tejido plano (línea #1)	515,00	250	Si
Tejido plano (línea #2)	394,50	250	Si
Tejido plano (línea #3)	471,40	250	Si
Tejido plano (línea #4)	323,40	250	Si
Circulares #2	187,30	150	Si

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a calidad de aire**

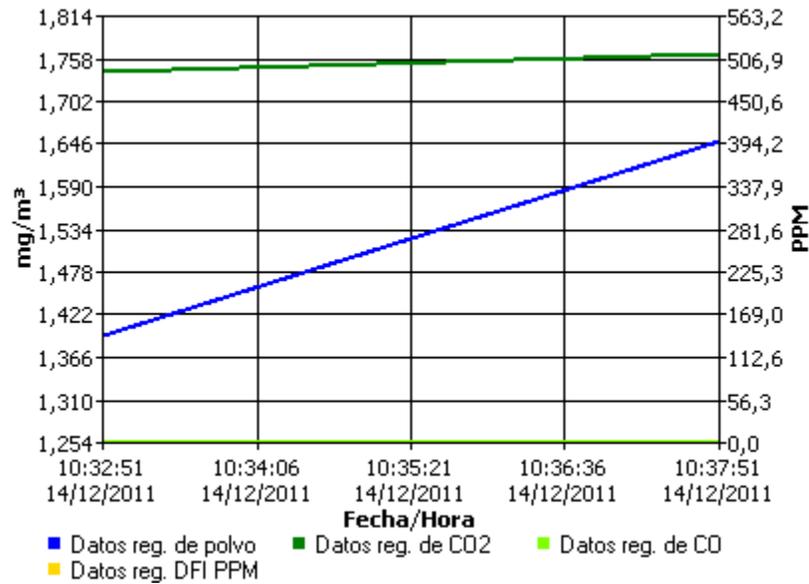
A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes a la calidad de aire del proceso de hilado y teñido.

**Medición de calidad de aire en interiores en empresa G de hilado y teñido**

	Polvo < 10micras (mg/m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> (ppm)
Promedio	0,725	589
Máximo	2,838	823
Mínimo	0,000	484

Fuente: elaboración propia.

### Datos registrados de partículas en la planta de la empresa G



Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a eficiencia de combustión de caldera**

A continuación se presentan los resultados promedio, mínimos y máximos obtenidos en los análisis de gases de chimenea:

### Medición de eficiencia de combustión de chimenea de la empresa E de hilado y teñido caldera No.2

Parámetro	% O2	ppm NO	ppm NOx	°C Tamb	% CO2	% EFF	% ExAir	ppm SO2
<b>Mínimo</b>	6,49	236	248	25,1	9,54	84,2	42,4	302
<b>Máximo</b>	8,98	265	278	29,9	11,53	92,4	70,8	740
<b>Promedio</b>	8,03	249	262	27,2	10,30	86,0	59,1	624

Fuente: elaboración propia.

**Medición de eficiencia de combustión de chimenea de la empresa E de hilado y teñido caldera No.3**

Parámetro	% O2	ppm NO	ppm NOx	°C Tamb	% CO2	% EFF	% ExAir	ppm SO2
Mínimo	5,92	274	288	28,7	10,53	86,5	37,2	691
Máximo	7,74	296	311	32,0	11,98	89,0	55,3	806
Promedio	7,28	293	308	30,5	10,90	86,9	50,5	750

Fuente: elaboración propia.

**Medición de eficiencia de combustión de chimenea de la empresa E de hilado y teñido caldera de aceite térmico**

Parámetro	% O2	ppm NO	ppm NOx	°C Tamb	% CO2	% EFF	% ExAir	ppm SO2
Mínimo	11,93	157	165	24,20	6,90	83,00	124,70	504
Máximo	12,30	165	173	26,30	7,19	88,10	134,00	541
Promedio	12,21	160	168	25,50	6,97	84,30	131,70	532

Fuente: elaboración propia.

**Medición de eficiencia de combustión de chimenea de la empresa F de hilado y teñido caldera de 200 HP**

	% O2	ppm NO	ppm NOx	°C Tamb	% CO2	% EFF	% ExAir	ppm SO2
Promedio	8,25	213,33	224,01	24,16	10,12	87,64	62,71	865,39
Mínimo	7,44	154,00	162,00	22,90	7,29	85,30	52,00	318,00
Máximo	11,81	224,00	235,00	25,50	10,77	92,70	121,80	952,00

Fuente: elaboración propia.

**Medición de eficiencia de combustión de chimenea de la empresa F de hilado y teñido caldera de 100 HP**

	% O2	ppm NO	ppm NOx	°C Tamb	% CO2	% EFF	% ExAir	ppm SO2
Promedio	12,13	141,04	148,11	24,26	7,03	82,66	203,11	611,13
Mínimo	7,78	18,00	19,00	22,80	1,40	31,80	55,80	18,00
Máximo	19,19	207,00	217,00	25,30	10,50	88,50	1 000,50	1 308,00

Fuente: elaboración propia.

**Medición de eficiencia de combustión de chimenea de la empresa F de hilado y teñido caldera de aceite térmico**

	% O2	ppm NO	ppm NOx	°C Tamb	% CO2	% EFF	% ExAir	ppm SO2
<b>Promedio</b>	11,14	120,96	126,93	23,05	7,82	80,53	113,61	586,47
<b>Mínimo</b>	8,03	55,00	58,00	21,40	4,36	74,40	58,70	77,00
<b>Máximo</b>	15,48	191,00	201,00	24,90	10,3	92,00	265,60	802,00

Fuente: elaboración propia.

- **Análisis de calidad de energía**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes calidad de energía del proceso de confección y bordado.

Empresa H

**Valores de distorsión armónica total de corriente**

Corrientes	THD %	NTSD
<b>A</b>	21,27	< 20%
<b>B</b>	18,68	< 20 %
<b>C</b>	17,29	< 20 %
<b>Promedio</b>	<b>19,08%</b>	

Fuente: elaboración propia.

**Distorsión armónica total de voltaje**

Voltajes	THD %	NTSD
<b>A</b>	3,28	< 8 %
<b>B</b>	3,23	< 8 %
<b>C</b>	3,40	< 8 %
<b>Promedio</b>	<b>3,30 %</b>	

Fuente: elaboración propia.

## Empresa I

### Valores de distorsión armónica total de corriente

Corrientes	THD %	NTSD
A	77,10	< 20%
B	76,51	< 20 %
C	87,99	< 20 %
Promedio	<b>80,53%</b>	

Fuente: elaboración propia.

### Distorsión armónica total de voltaje

Voltajes	THD %	NTSD
A	2,49	< 8 %
B	2,51	< 8 %
C	2,56	< 8 %
Promedio	<b>2,52 %</b>	

Fuente: elaboración propia.

### Factor de potencia por empresa

Empresa	Factor de Potencia
H	<b>0,65</b>
I	<b>0,95</b>

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a materia prima**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes a la materia prima del proceso de serigrafía.

### Materia prima de serigrafía

Empresa	Unidad de operación	Materiales de entrada mensual		Materiales de salida mensual		Desechos mensual	
	Descripción	Nombre	Cantidad	Nombre	Cantidad	Nombre	Cantidad
H	- Preparación de marcos - Máquinas Serigráficas	Hilo	ND*	Prendas Vestir	750 000 prendas/mes	Aluminio	ND*
		Tela				Basura	
		Tintes	1 300 gal/mes			Trapos con tinta	
I	- Inspección - Secado - Empacado	Tela	ND*		687,500 prendas/mes	Basura Común	ND*
		Químico limpia marcos	20 gal/mes				
		Tintes	ND*				

ND\*: No Disponible

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes a los gases de chimenea**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes a gases de chimenea del proceso de serigrafía.

**Gases de chimenea de serigrafía**

Empresa	Temperatura °C	Oxígeno %	Eficiencia %	Dióxido de carbono %	Exceso de aire %
H	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
I	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*

ND\*: No Disponible ya que utilizan únicamente energía eléctrica

Fuente: elaboración propia.

- **Datos correspondientes al inventario de luminarias**

A continuación se presentan los datos obtenidos que son correspondientes al inventario de luminarias del proceso de serigrafía.

**Inventario de luminarias de la empresa H en la planta dependiendo el área en situación actual**

Área	Tipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Días/mes
Transfer	T-12	75	6	22	22
Empaque	T-12	75	24	22	22
Despacho	T-12	75	2	22	22
Planchado en planta	T-12	75	6	22	22
Oficina producción	T-12	75	12	22	22
Máquina No. 1	T-12	75	14	22	22
Máquina No. 2	T-12	75	12	22	22
Máquina No. 3	T-12	75	16	22	22
Máquina No. 4	T-12	75	12	22	22
Máquina No. 5	T-12	75	12	22	22
Horno No. 1	T-12	75	2	22	22
Inspección Horno No. 2	T-12	75	10	22	22
Revisión de prenda	T-12	75	8	22	22
Oficina Control Calidad	T-12	75	8	22	22
Pintura y químicos	T-12	75	12	22	22
Muestras No. 1	T-12	75	12	22	22
Muestras No. 2	T-12	75	2	22	22
Muestras No. 3	T-12	75	8	22	22
Muestras No. 4	T-12	75	4	22	22
Bodega de muestras	T-12	75	8	22	22
Preparación diseños	T-12	75	2	22	22
Recepción muestras	T-12	75	2	22	22

Fuente: elaboración propia.

**Inventario de luminarias de la empresa I en la planta dependiendo el área en situación actual**

Tiempo de uso (h/año)	No. de luminarias	Tipo de lámpara - arreglo	
6 732	12	Tubos T-12	1x75
6 732	12	Tubos T-12	1x40

Fuente: elaboración propia.

