



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

**USO DE ENERGÍA ALTERNATIVA DENTRO DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE SUELAS DE POLIURETANO**

Hugo Fernando Juárez Revolorio

Asesorado por el Ing. Mynor Giovanni Sanchinelli Alburez

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**USO DE ENERGÍA ALTERNATIVA DENTRO DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE SUELAS DE POLIURETANO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HUGO FERNANDO JUÁREZ REVOLORIO

ASESORADO POR EL ING. MYNOR GIOVANNI SANCHINELLI ALBUREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
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:

USO DE ENERGÍA ALTERNATIVA DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS DE POLIURETANO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 30 de enero de 2013.

Hugo Fernando Juarez Revolorio

Guatemala 29 de Julio de 2016

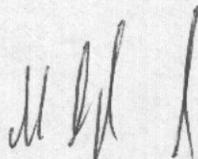
Ingeniero
Juan José Peralta Dardón
Director
Escuela Mecánica Industrial

Estimado Ingeniero

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación **USO DE ENERGIA ALTERNATIVA DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS DE POLIURETANO**, trabajo realizado por el estudiante Hugo Fernando Juárez Revolorio.

Dicho trabajo de graduación llena los requisitos para mi aprobación, por lo cual hago constar que he revisado y aprobado el mismo, el cual ha sido concluido de manera satisfactoria.

Atentamente



Mynor G. Sanchinelli Alburez
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 4720

Ing. Mynor Giovanni Sanchinelli Alburez

Col. 4720



REF.REV.EMI.099.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **USO DE ENERGÍA ALTERNATIVA DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS DE POLIURETANO**, presentado por el estudiante universitario **Hugo Fernando Juárez Revolorio**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2016.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.170.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **USO DE ENERGÍA ALTERNATIVA DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELAS DE POLIURETANO**, presentado por el estudiante universitario **Hugo Fernando Juárez Revolorio**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016.



/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

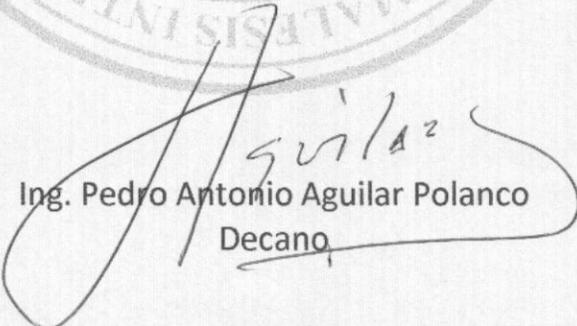


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 466.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **USO DE ENERGÍA ALTERNATIVA DENTRO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE SUELOS DE POLIURETANO**, presentado por el estudiante universitario: **Hugo Fernando Juárez Revolorio**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2016

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	A Él sea toda la honra y toda la gloria, por Él soy lo que soy.
Mis padres	Por ser mi inspiración y ejemplo, por brindarme su apoyo incondicional. Los amo.
Mis hermanos	Por su apoyo y cariño.
Mi novia	Por comprenderme y apoyarme, por ser el complemento de mi vida. Te amo.
Mi tía	Mirna Revolorio, gracias por tu cariño y por tus oraciones en todo momento. Dios te bendiga.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de formar mi carrera profesional en ella.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos necesarios para desempeñarme profesionalmente.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por compartir momentos especiales, por su amistad y por su apoyo en el desarrollo de mi carrera.

**Ingeniero Mynor
Giovanni Sanchinelli
Alburez**

Por su amistad y apoyo profesional en el desarrollo de mi trabajo de graduación.

Eurosuelas S. A.

Por abrirme las puertas de la institución y facilitarme información vital para la conclusión de este documento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.2. Descripción de la institución	2
1.3. Ubicación geográfica de la planta.....	3
1.4. Misión	4
1.5. Visión.....	4
1.6. Organización	4
1.7. Organigrama jerárquico en la empresa	4
1.8. Descripción de puestos	5
1.9. Productos que elabora la empresa.....	6
1.9.1. Suelas de poliuretano (PU).....	6
1.9.2. Suelas de material termoplástico (TPU)	7
1.10. Demanda actual de energía eléctrica dentro de la empresa	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Energía eléctrica en Guatemala	9
2.1.1. Eficiencia	10
2.2. Eficiencia energética en Guatemala	10

2.3.	Fuentes alternativas de energía	12
2.3.1.	Cogeneración	12
2.3.2.	Vapor.....	13
2.3.3.	Geotérmica.....	14
2.3.4.	Energía solar	14
2.3.5.	Gas licuado petróleo (GLP).....	16
2.4.	Energías renovables	16
2.5.	Indicadores de eficiencia energética	18
2.6.	Necesidades de una estrategia energética	20
2.7.	Crisis energética	20
2.8.	Calderas generadoras de vapor a base de diésel y búnker	21
2.8.1.	Calderas acuatubulares.....	22
2.8.2.	Calderas pirotubulares	23
2.8.3.	Partes y terminología	23
2.9.	Capacidad de una caldera	26
2.10.	Demanda.....	27
2.11.	Eficiencia de la caldera	27
2.12.	Calderas en la generación de energía calorífica	28
2.13.	Ventajas de la generación de vapor	30
2.13.1.	Beneficios económicos.....	30
2.13.2.	Beneficios ecológicos.....	31
2.13.3.	Beneficios operativos	31
2.14.	Inicios de la caldera de vapor.....	32
2.15.	Partes de la caldera	33
2.16.	Circuitos principales para la producción de vapor	38
2.16.1.	Circuito de combustible	38
2.16.2.	Circuito de agua-vapor	39
2.16.3.	Dispositivos y circuitos auxiliares para vapor	40
2.17.	Calentadores solares	41

2.18.	Reciclaje de aceites y su uso como combustible.....	42
3.	DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA	45
3.1.	Diagnóstico de consumo de energía eléctrica en el área de Pintura	48
3.2.	Capacidad instalada actual en equipo del Departamento de Pintura	53
3.3.	Diagnóstico general de consumo eléctrico en Eurosuelas S. A.....	55
3.4.	Análisis de paros por mantenimiento.....	58
3.5.	Costos de utilización actual de energía eléctrica.....	63
3.6.	Factores que determinan el uso de energías alternativas	63
3.7.	Riesgos presentes en el área de Pintura.....	65
3.7.1.	Incendio	65
3.7.2.	Identificación de peligros de incendio	65
3.7.3.	Control del fuego	66
3.7.4.	Protección adecuada	70
3.8.	Seguridad industrial en el área	71
3.8.1.	Objetivos de la seguridad industrial	74
3.8.2.	Plan estratégico	74
3.8.3.	Uso de equipo de protección personal (EPP)	75
3.8.3.1.	Guantes	76
3.8.3.2.	Mascarillas.....	76
3.8.3.3.	Lentes.....	77
3.8.3.4.	Señalización de seguridad.....	78
3.8.3.5.	Formas geométricas utilizadas para la señalización de ambientes y equipos de seguridad	79

4.	PROPUESTA PARA LA MEJORA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DENTRO DEL ÁREA DE PINTURA	81
4.1.	Consumo eléctrico vs consumo diésel	81
4.1.1.	Consumo eléctrico.....	83
4.1.2.	Consumo de diésel.....	86
4.2.	Capacidad de producción de los hornos de secado.....	87
4.3.	Poder calorífico de combustibles varios	88
4.3.1.	Análisis de alternativas combustibles	89
4.4.	Producción estimada de vapor por medio de una caldera	92
4.5.	Cálculos de producción de vapor y poder calorífico	94
4.6.	Sistema de vapor	96
4.7.	Circuito de aire de combustión	97
4.8.	Circuito de gases de combustión	97
4.9.	Costos totales	98
4.9.1.	Tuberías	99
4.9.2.	Análisis comparativo	100
4.9.3.	Incremento de la capacidad instalada	100
4.10.	Propuesta de inversión para la mejora energética	101
5.	IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO	103
5.1.	Mejora continua.....	103
5.2.	Análisis beneficio-costos.....	105
5.3.	Tasa interna de retorno (TIR).....	109
5.4.	Análisis de nuevas propuestas.....	110
5.5.	Plan de seguimiento.....	111
	CONCLUSIONES.....	113
	RECOMENDACIONES	115
	BIBLIOGRAFÍA.....	117

APÉNDICE..... 119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de la ubicación de Eurosuelas S. A.....	3
2.	Jerarquías administrativas	5
3.	Suela de poliuretano	6
4.	Suela de material termoplástico	7
5.	Contenedor GLP	16
6.	Circuito agua-vapor de una caldera	40
7.	Batería de hornos de secado	45
8.	Caldera pirotubular.....	47
9.	Quemador de caldera.....	48
10.	Horno eléctrico de secado.....	50
11.	Tarifa no social.....	51
12.	Cobertura de las empresas de distribución de energía eléctrica.....	52
13.	Banda transportadora.....	54
14.	Diagrama unifilar planta Eurosuelas	55
15.	Estimación de equipo para la planta Eurosuelas	56
16.	Imagen de resistencias utilizadas para horno de alta temperatura	60
17.	Tabla de parámetros básicos de resistencias utilizadas en hornos de líneas de producción	61
18.	Mantenimiento a la caldera	62
19.	Hidroeléctrica de Chixoy	64
20.	Aplicación de barniz	73
21.	Guantes de látex	76
22.	Mascarilla	77

23.	Lentes de protección.....	77
24.	Código de colores en la señalización industrial	79
25.	Formas geométricas utilizadas para la señalización de ambientes y equipos de seguridad.....	80
26.	Recubrimiento de tubería.....	83
27.	Costo actual de diésel en Guatemala	86
28.	Ciclo de Deming.....	103
29.	Diagrama de horno de secado a vapor.....	107

TABLAS

I.	Clasificación de las calderas según su presión en kg/cm ²	26
II.	Consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 1.....	49
III.	Consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 2.....	49
IV.	Consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 3.....	50
V.	Cálculo de costo de operación de horno mensual	53
VI.	Consumo general de energía eléctrica para la empresa Eurosuelas....	57
VII.	Consumo de kWh mensuales para el área de Pintura de Eurosuelas.....	58
VIII.	Controles de paros por banda	59
IX.	Tabla resumen de tiempos perdidos de enero a mayo 2016	60
X.	Consumo de kWh mensuales de energía	63
XI.	Tabla de consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 1...	84
XII.	Tabla de consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 2...	84
XIII.	Tabla de consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 3...	85
XIV.	Jornada laboral de 12 horas	85
XV.	Análisis comparativo de consumo eléctrico y consumo diésel.....	87
XVI.	Poder calorífico de determinados combustibles	91
XVII.	Número de cédula para tuberías de vapor.....	100

XVIII.	Fórmulas para el cálculo del VPN	102
XIX.	Propuestas para la implementación	106
XX.	Capacidad y dimensiones de horno	107
XXI.	Tabla de costo total de préstamo por cada propuesta	108
XXII.	Costo total de operaciones.....	108
XXIII.	Ahorro total de operaciones en 5 años.....	108
XXIV.	Análisis de VPN y B/C.....	109
XXV.	Tabla de análisis TIR.....	110

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H ₂ O	Agua
Hp	Caballos de fuerza
CaCO ₃	Carbono de calcio
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros cuadrados
CO ₂	Dióxido de carbono
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
K	Grados Kelvin
hr	Hora
hrs	Horas
kcal	kilo calorías
kcal/m ³	kilo calorías por metro cúbico
kcal/kg	kilo calorías por kilogramo
kg	Kilogramos
kJ/kg	Kilo Joule por kilogramo
km	Kilómetros
kW	Kilowatts
kWh	Kilowatts por hora
m	Metro
m ²	Metros cuadrado
m ³	Metros cúbicos
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo

m/s	Metros por segundo
mmca	Milímetros de columna de agua
Pa	Pascal
p	Pies
plg	Pulgadas
s	Segundos
i	Tasa de interés
A	Valor anual
F	Valor futuro
V	Valor presente
N	Vida útil
W	Watts

GLOSARIO

ABS	Es un plástico muy resistente al impacto (golpes), muy utilizado en automoción y otros usos tanto industriales como domésticos.
B/C	Beneficio costo.
BTU	Calor requerido para producir aumento en la temperatura de 1 °F en 1 lb de agua. El significado de BTU es 1/180 de la energía requerida para calentar agua de 32 °F a 212 °F.
CAC	Calentador de aire condensado
Cromatografía	Es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas. Esta tiene aplicación en todas las ramas de la ciencia.
GLP	Gas licuado de petróleo.
Pci	Poder calorífico inferior.
Pcs	Poder calorífico superior.

Ph	Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución.
PHVA	Planificar, hacer, verificar y actuar.
TIR	Tasa interna de retorno.
Vpc	Costo total equivalente.
VPN	Valor presente neto.
VTF	Ventilación por tiro forzado.

RESUMEN

El proceso de fabricación de la suela es una serie de pasos. En ellos se utiliza como materia prima el poliuretano, el cual es un polímero termoplástico que reacciona al calor. El material se aplica por medio de máquinas inyectoras a moldes que dan la forma deseada; todo esto se maneja a una temperatura superior a los 75 °C. En la actualidad, Eurosuelas S. A. tiene un consumo de energía eléctrica que sobrepasa los niveles permitidos dentro de la empresa a fin de que el nivel de utilidad sea óptimo.

El uso de energía alternativa se enfoca en hacer uso de un tipo diferente de energía al convencional utilizando, por consiguiente, distintas fuentes generadoras a las comúnmente usadas. En este caso se está utilizando vapor generado por una caldera que funciona a base de diésel. La caldera alimenta 6 hornos de sacado los cuales anteriormente funcionaban con resistencias eléctricas (energía convencional). Pero ahora funcionarán con vapor producido en la caldera (energía alternativa), dando así la eficiencia esperada en el proceso.

OBJETIVOS

General

Uso de energía alternativa dentro de una planta productora de suelas de poliuretano.

Específicos

1. Disminuir la demanda de energía eléctrica dentro de la planta, debido al crecimiento de la misma.
2. Reducir en un 25 % los costos energéticos del área de Pintura.
3. Aumentar la eficiencia del sistema de horneado utilizando una fuente alternativa de calor, generando vapor por medio de una caldera.
4. Evaluar las diferentes alternativas de combustibles en el medio, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas que los mismos conllevan, tanto en el aspecto económico, social y ambiental.
5. Obtener una mayor capacidad instalada disponible, al momento que se requiera, haciendo uso de energía alternativa en el área de Pintura.
6. Reducir riesgos minimizando la posibilidad de corto circuito y por consiguiente, posibilidad de incendio dentro del área de Pintura.

INTRODUCCIÓN

Una fuente de energía alternativa es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas convencionales, ya sea por costos o fundamentalmente por su posibilidad de renovación. El abuso de las energías convencionales en la actualidad, tales como el petróleo, la combustión de carbón entre otras, han dado como resultado problemas cada vez mayores. Entre ellas se puede mencionar la contaminación, producida por la combustión de carburantes fósiles.

Las energías renovables son aquellas energías que provienen de recursos naturales que no se agotan y a los que se puede recurrir de manera permanente. Su impacto ambiental es nulo en la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂. Lo cual ha dado un resultado positivo y una nueva alternativa a las energías convencionales en todo el mundo. Este tipo de energía ha sido investigada y desarrolladas con mayor intensidad en los últimos años.

La eficiencia energética o ahorro de energía es una práctica empleada en el consumo de energía. Esta tiene como objeto disminuir el uso de energía, pero con el mismo resultado final. Es una optimización del consumo de energía, esta práctica conlleva a un aumento del aprovechamiento de los recursos de una manera mucho más eficiente. Toda organización que es consumidora directa de la energía eléctrica tiene como objetivo reducir el consumo de la misma a fin de reducir costos y promover la sostenibilidad económica y ambiental.

Los usuarios industriales y comerciales tienen como finalidad aumentar la eficiencia y maximizar así sus beneficios. En la actualidad, entre las preocupaciones actuales, está el ahorro de energía eléctrica para de ser más competitivos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Reseña histórica

Eurosuelas S. A. inicia labores de 1998 teniendo como primera ubicación la colonia Lo De Bran zona 6 de Mixco. Inició con procesos manuales y poca maquinaria pero con la visión clara de llegar a ser una empresa pionera en la producción de suelas de poliuretano dentro del país y con el enfoque de ir creciendo dentro de la industria guatemalteca, así como de la región con el pasar de los años.

El siguiente año, en 1999 toma una nueva ubicación, el Complejo Industrial Mixco Norte, km 16,5 carretera a San Juan Sacatepéquez. Se necesitaba de un mayor espacio para albergar nueva maquinaria y personal nuevo debido al rápido crecimiento de la planta. Esto como consecuencia de la progresiva demanda que ha tenido el producto.

De esto surge la idea y la necesidad de crear y diseñar productos innovadores que permitan abarcar mayor campo dentro del mercado nacional. Así como que estos pudiera permitir la expansión de la empresa fuera de las fronteras, dando paso a la creación de nuevos tipos de suelas que permitían ofrecer productos que satisfacían las necesidades del mercado de la época.

Con el paso del tiempo y la creación de nuevos productos utilizados para la elaboración de suelas, se logra implementar en 2001, un nuevo material denominado termoplástico. Así como la adquisición y uso de nueva tecnología y maquinaria que permitiría la reducción de costos, creando una compañía mucho

más competitiva, ofreciendo por ende productos a un precio mucho más competitivo. Con el nuevo proceso productivo y con la implementación de nueva maquinaria se logra mejorar la calidad del producto, minimizando la cantidad de mermas y reduciendo el desperdicio de materia prima.

Un incendio en 2002 destruye gran parte de la empresa, de lo cual se logró recuperar únicamente los moldes utilizados en la producción de suelas, obligando a restablecer nuevamente su ubicación. Meses después se decide nuevamente el traslado, ubicación que sería la definitiva, conservándose hasta la fecha actual: km 17,9 carretera a San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Esto crea una nueva planta de producción y se adquiere maquinaria nueva para la producción de suelas.

Tomando en cuenta la creciente demanda del mercado, se amplían las instalaciones de la compañía, en 2004, trasladando el área de Pintura a una nueva nave industrial. En 2005 se construye otra nave la cual alberga la maquinaria y personal de producción de suelas con material termoplástico. En 2009 se crea un área para la producción de hormas. En 2011 se implementa el nuevo proceso de producción de calzado, que consiste en la inyección directa de la suela al zapato, adquiriendo máquina de inyección directa de poliuretano.

1.2. Descripción de la institución

Eurosuelas S. A. es una empresa dedicada a la elaboración de suelas de poliuretano. Esto así como diferentes tipos de calzado tanto para el mercado nacional como para el mercado extranjero.

Iniciando operaciones en 1998 enfocada siempre en el proceso de producción de suelas de poliuretano, utilizando un proceso más manual que el

1.4. Misión

“Eurosuelas se enfoca con su misión en ser una empresa reconocida por la calidad de sus productos, elaborados con altos estándares, capacidad y responsabilidad, creando oportunidades de desarrollo y crecimiento económico”.¹

1.5. Visión

“La visión fijada en Eurosuelas es producir la mejor suela y calzado de Centro América que cumpla y exceda las expectativas de los clientes”.²

1.6. Organización

La estructura de la organización se define de manera explícita por medio de un organigrama que se presenta en la figura 2. En el cual se define claramente la estructura interna de la empresa, definiendo la jerarquía de los diferentes puestos existentes dentro de la organización. Se definen de igual manera personal que se tiene a cargo dependiendo del nivel de autoridad que se tenga, así como la relación que se tiene entre cada puesto.

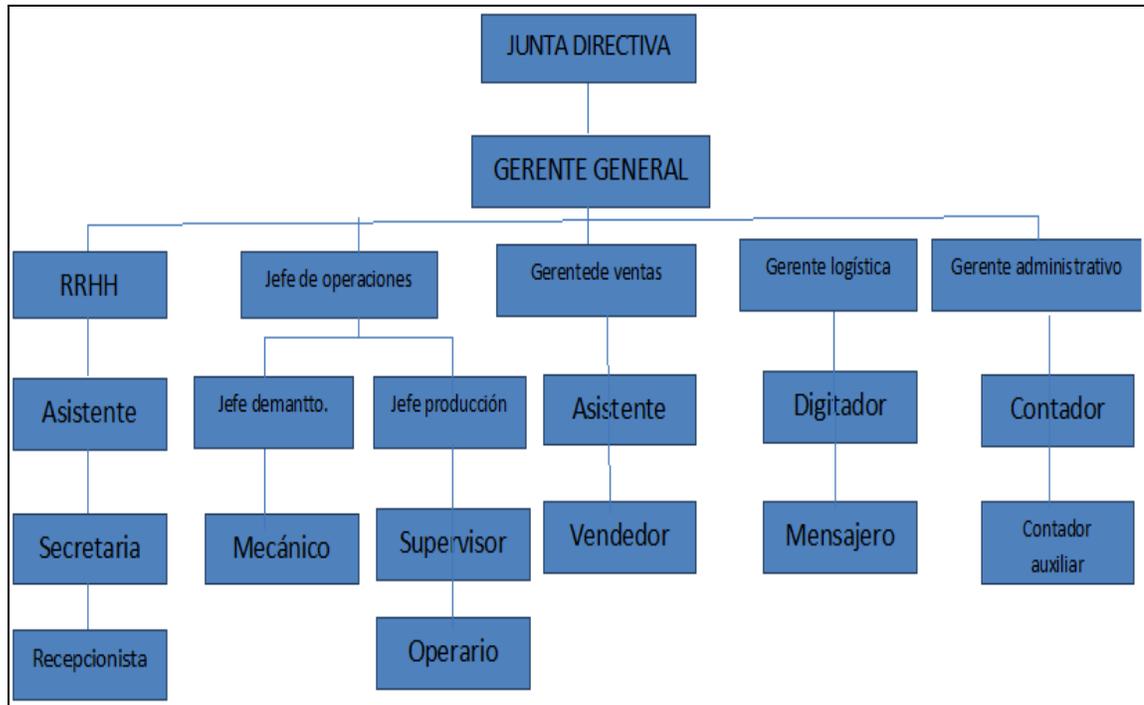
1.7. Organigrama jerárquico en la empresa

El organigrama jerárquico de la empresa Eurosuelas S. A. se muestra a continuación:

¹ Misión proporcionada por Eurosuelas S. A.

² Visión proporcionada por Eurosuelas S. A.

Figura 2. Jerarquías administrativas



Fuente: Eurosuelas S. A.

1.8. Descripción de puestos

A continuación se detalla de qué manera está compuesto el Departamento de Mantenimiento:

- Ingeniero de mantenimiento
- Técnicos electricistas
- Herreros
- Auxiliares de mantenimiento

1.9. Productos que elabora la empresa

Eurosuelas es una empresa pionera en la producción de suelas de poliuretano, termoplástica, ABS y calzado de inyección directa de la suela a la piel del zapato. Así como producción y distribución de sandalia para dama, teniendo como fuerte la producción de suelas de poliuretano.

1.9.1. Suelas de poliuretano (PU)

Son las suelas cuyo material está compuesto por la mezcla de dos componentes el polioli e isocianato, además de un reactivo. Este material es ligero por lo que muchas veces se selecciona este material para suelas de dama que tienen plataforma o tacones altos.

Figura 3. Suela de poliuretano



Fuente: Eurosuelas S. A.

1.9.2. Suelas de material termoplástico (TPU)

Son fabricadas por moldeo por inyección a partir de termoplástico. La suela tiene la propiedad de ser muy resistente a la abrasión, tiene mayor duración que las suelas de caucho y mejor propiedad de resiliencia. Esto hace del caminar más cómodo, además de tener muy buenos acabados brillantes y mates.

Figura 4. Suela de material termoplástico



Fuente: Eurosuelas S. A.

1.10. Demanda actual de energía eléctrica dentro de la empresa

Eurosuelas S. A. consume alrededor de 130 000 Kw/mes, energía suministrada por la Empresa Eléctrica Guatemalteca, tomando en consideración un incremento del 15 % anual. Esto marca una tendencia al alza, en cuanto a costos de producción. Por lo tanto, es necesario buscar el uso de energías no convencionales que permitan mantener la eficiencia dentro de los procesos productivos a un bajo costo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Energía eléctrica en Guatemala

La generación de energía eléctrica en Guatemala se inicia en 1884 al instalarse la primera hidroeléctrica en la finca El Zapote, al norte de la capital. Años posteriores se forma la Empresa Eléctrica del Sur que instaló la hidroeléctrica en Palín, generando 732 Kw la que brindó servicio a los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla.

En Guatemala, la electricidad se genera básicamente por medio de las centrales hidroeléctricas. Esto con un porcentaje de capacidad instalada del 52 %, las centrales térmicas con un 40 % y los cogeneradores con el restante 8 %.

El servicio eléctrico ha alcanzado una cobertura del 42 %, siendo una de las más bajas de Latinoamérica. El consumo per cápita es de 205 kilovatios-hora anuales. Guatemala encuentra una oportunidad de ofertar por la compra de las empresas distribuidoras de electricidad en la ciudad, las cuales se formaron luego de la emisión por parte del Congreso de la República la Ley General de Electricidad, el 15 de noviembre de 1996. Dicha ley ordenó la separación de las actividades de generación, transmisión y distribución de electricidad.

2.1.1. Eficiencia

Se puede definir la eficiencia como la capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función. Esto minimizando los costos por llevar a cabo dicha función.

2.2. Eficiencia energética en Guatemala

Los países centroamericanos son importadores netos de petróleo. La industria, comercio, generación eléctrica y el transporte se mueven primordialmente con base en combustibles fósiles. En la última década el precio del crudo aumentó más de cinco veces. Los principales efectos económicos han sido bastante fuertes, como el deterioro en la balanza comercial, inflación general y pérdida en la competitividad. Esto debido a los mayores costos de generación eléctrica y de transporte.

A través de una combinación de energía renovable, explotación de mantos petrolíferos y gas natural, integración eléctrica regional y programas de eficiencia energética puede reducirse la demanda. Esto en el consumo de combustibles fósiles.

Se puede definir la eficiencia energética como la combinación de tecnología, procesos y conductas de las personas que permite ahorrar energía. Esto es aumentando los niveles de productividad y bienestar para una ciudad o un país desde el punto de vista microeconómico, el bienestar de una industria, incrementando sus márgenes de ganancia. Está comprobado que el retorno de una inversión vinculada, a los ahorros en el consumo energético se sitúa entre 3 y 5 años. Esto quiere decir que invertir en eficiencia energética es un buen negocio.

El mayor consumo de energía en Guatemala, un 51,4 % del total procede del uso de leña para uso doméstico, le sigue el diésel con 17 %, gasolina 12,5 % y electricidad 9,6 %. Esa estructura responde a la existencia de una población mayormente pobre que reside en el interior del país. Esto se refleja como resultado directo la deforestación y contaminación acelerada de los mantos acuíferos. Cualquier esfuerzo de ahorro energético debe encaminarse a sustituir el uso de leña por estufas mejoradas y ampliar la red eléctrica rural para frenar la deforestación de los bosques.

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) estima que de lograr sustituir 5 millones de lámparas incandescentes, por bombillos ahorradores, se registraría una disminución de consumo de electricidad de 2 % a nivel nacional, unos 150 megavatios. Si se reemplazara el 80 % de refrigeradoras antiguas, se podría reducir en 25 % el consumo en energía eléctrica residencial. Los ahorros que podrían derivarse de aires acondicionados eficientes, sistemas de iluminación led y de energía solar serían considerables.

La mitad de motores antiguos en la industria ahorraría el 10 % del costo de energía eléctrica. Se necesita diseñar una Política Nacional de Eficiencia Energética que promueva el uso de energías renovables, formule programas de capacitación y publicidad a nivel nacional que incentive fiscalmente los sistemas de ahorro energético y fomente alianzas público-privadas que inviertan en energías limpias.

Como complemento a lo anterior, se necesita estimular la exploración y explotación de petróleo respetando la naturaleza. Esto a efecto de reducir su dependencia, mejorar la competitividad y crear condiciones de un futuro energético sostenible para la nación.

2.3. Fuentes alternativas de energía

Se denomina energía alternativa, o más propiamente fuentes de energía alternativas, a aquellas fuentes de energía planteadas como alternativa a las tradicionales. Más del 90 % de la energía mundial se produce a partir del carbón, el petróleo y el gas natural. La mayor parte de estas fuentes de energía se usan como combustible para el transporte y la generación de calor, el resto se usa para convertir agua en vapor, que se hace pasar por una turbina, que hace girar una dinamo para producir electricidad.

Otra cantidad importante es producida a partir de presas hidroeléctricas, y efectivamente, resulta ser una de las fuentes de energía más eficientes, ya que más del 95 % de la energía cinética del agua durante su caída se convierte en electricidad. En la actualidad hay muy pocos países que tengan ríos suficientes para abastecerse únicamente a base de este tipo de energía, y aunque una presa no contamina, requiere unas instalaciones a costo bastante elevado. Además de destruir el ecosistema del río donde se instala.

2.3.1. Cogeneración

Es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente sanitaria).

La ventaja es su mayor eficiencia energética, ya que se aprovecha tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica de un único proceso. Esto en vez de utilizar una central eléctrica convencional y para las necesidades de calor una caldera convencional.

Otra ventaja, y no pequeña, es que al producir la electricidad cerca del punto de consumo, se evitan cambios de tensión y transporte a larga distancia. Estos que representan una pérdida notable de energía por efecto Joule (se calcula que en las grandes redes esta pérdida está entre un 25 y 30 %). Según la comisión de energía eléctrica en Guatemala.

2.3.2. Vapor

Es una sustancia de fase a una temperatura inferior a su punto crítico. Esto significa que el vapor se puede condensar a líquido o de sólido mediante el aumento de su presión sin reducir la temperatura.

Vapor se refiere a una fase gaseosa a una temperatura a la que la misma sustancia también puede existir en el líquido o sólido estado, por debajo de la temperatura crítica de la sustancia. (Por ejemplo, el agua tiene una temperatura crítica de 374 °C (647 K), que es la máxima temperatura a la que el agua líquida puede existir.) Si el vapor está en contacto con una fase líquida o sólida, las dos fases serán en un estado de equilibrio. El término gas se refiere a una fase de fluido compresible.

Los gases fijos son los que no se encuentran en estado líquido o sólido se pueden formar en la temperatura del gas. Estos son como aire a temperatura ambiente. Un líquido o sólido no tiene que hervir para liberar un vapor.

El vapor es responsable de los procesos familiares de la nube de formación y condensación. Se emplea comúnmente para llevar a cabo los procesos físicos de destilación y extracción del espacio de cabeza de una muestra de líquido antes de la cromatografía de gases.

El constituyente de moléculas de vapor posee un movimiento de vibración, rotación y traducción. Estos movimientos se consideran en la teoría cinética de los gases.

2.3.3. Geotérmica

La energía geotérmica es aquella energía que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor del interior de la tierra. Existe energía geotérmica de alta temperatura la cual se encuentra en las zonas activas de la corteza terrestre. Esta temperatura está comprendida entre 150 y 400 °C, se produce vapor en la superficie y mediante una turbina, genera electricidad. Se requieren varias condiciones para que se de la posibilidad de existencia de un campo geotérmico: una capa superior compuesta por una cobertura de rocas impermeables.

Un acuífero, o depósito de permeabilidad elevada, entre 0,3 y 2 km de profundidad y suelo fracturado que permite una circulación de fluidos por convección. Por lo tanto, la transferencia de calor de la fuente a la superficie, y una fuente de calor magmático, entre 3 y 15 km de profundidad, a 500-600 °C. La explotación de un campo de estas características se hace por medio de perforaciones, según técnicas casi idénticas a las de la extracción del petróleo.

2.3.4. Energía solar

El sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el ser humano ha utilizado desde los albores de la historia, puede satisfacer todas las necesidades si se aprende cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace

unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

Durante el presente año, el sol arrojará sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que se consume. España, por su privilegiada situación y climatología, se ve particularmente favorecida respecto al resto de los países de Europa. Esto debido a que cada metro cuadrado de su suelo incide al año unos 1,5 kWh de energía, cifra similar a la de muchas regiones de América Central y del Sur. Esta energía puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida en otras formas útiles como, por ejemplo, en electricidad.

Sería poco racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable. Esta puede liberar a países definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o simplemente, agotables.

Es preciso, no obstante, señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más se suele necesitar.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo y perfeccionamiento de la todavía incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar. Esto para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.

2.3.5. Gas licuado petróleo (GLP)

Es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disuelto en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de licuar, de ahí su nombre. En la práctica se puede decir que los GLP son una mezcla de propano y butano. El propano y butano están presentes en el petróleo crudo y el gas natural. Aunque una parte se obtiene durante el refinado de petróleo, sobre todo como subproducto de la destilación fraccionada catalítica.

Figura 5. Contenedor GLP



Fuente: Eurosuelas S. A.

2.4. Energías renovables

Una fuente de energía alternativa es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas actuales entre las cuales se mencionan: biogás, biomasa, eólica, hidroeléctricas y solar, ya sea por su menor efecto

contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación. Según esta definición, algunos autores incluyen la energía nuclear dentro de las energías alternativas, ya que generan muy pocos gases de efecto invernadero.

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. El concepto de crisis energética aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía.

Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse. A excepción de que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener energía: estas serían las energías alternativas.

Por otra parte, el empleo de las fuentes de energía actuales tales como el petróleo, gas natural o carbón acarrea consigo problemas como la progresiva contaminación, o el aumento de los gases invernadero. La discusión energía alternativa/convencional no es una mera clasificación de las fuentes de energía, sino que representa un cambio que necesariamente tendrá que producirse durante este siglo.

Es importante reseñar que las energías alternativas, aún siendo renovables, también son finitas. Y como cualquier otro recurso natural tendrán un límite máximo de explotación. Por tanto, incluso aunque se realicen la transición a estas nuevas energías de forma suave y gradual, tampoco van a permitir continuar con el modelo económico actual basado en el crecimiento perpetuo. Es por ello por lo que surge el concepto del desarrollo sostenible. Dicho modelo se basa en las siguientes premisas.

El uso de fuentes de energía renovable, ya que las fuentes fósiles actualmente explotadas terminarán agotándose. Esto según los pronósticos actuales, en el transcurso de este siglo XXI. El uso de fuentes limpias, abandonando los procesos de combustión convencionales y la fisión nuclear.

La explotación extensiva de las fuentes de energía, proponiéndose como alternativa el fomento del autoconsumo, que evite en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica. La disminución de la demanda energética mediante la mejora del rendimiento de los dispositivos eléctricos (electrodomésticos, lámparas). Reducir o eliminar el consumo energético innecesario. No se trata solo de consumir más eficientemente, sino de consumir menos, es decir, desarrollar una conciencia y una cultura del ahorro energético y condena del despilfarro.

La producción de energías limpias, alternativas y renovables no es por tanto una cultura o un intento de mejorar el medio ambiente. Esto es una necesidad a la que el ser humano se va a ver abocado, independientemente de la opinión, gustos o creencias.

2.5. Indicadores de eficiencia energética

Los indicadores energéticos son monitores técnico económicos, utilizados para reflejar el consumo de energía, que relacionan el consumo de energía con un indicador de actividad física. Se puede realizar un análisis de los impactos producidos sobre el sistema energético por las medidas políticas y las estrategias puestas en marcha. Esto se hace comparando los valores actuales de la eficiencia energética con los datos de años anteriores y analizando cuáles son las tendencias a largo plazo.

La eficiencia varía mucho dependiendo del escenario. Esto se debe principalmente al tipo de tecnología empleada y al impacto de otros factores, como la calidad de combustible, las condiciones climatológicas. Es por ello que se requiere disponer de indicadores, diseñados para seguir los cambios de la eficiencia energética. Estos son basados en datos estadísticos fiables sobre balances energéticos, recogidos y analizados con una misma metodología para que sea posible realizar comparaciones con otros países.

Se utiliza conjuntamente con la intensidad energética para describir la relación entre la energía utilizada y el servicio producido. La intensidad se utiliza para medir y evaluar la eficiencia aunque son inversamente proporcionales: cuanto menos energía se utiliza para un servicio, mayor será la eficiencia, por lo que la disminución de la intensidad energética implica mayor eficiencia. A la hora de medir las variaciones, a lo largo del tiempo del uso de la energía, hay que tener en cuenta no solo la eficiencia, sino otros efectos que influyen en los consumos como son el clima, los cambios de actividad del sector.

Los indicadores de eficiencia energética se pueden clasificar en económicos y técnico-económicos. Los indicadores económicos miden la relación entre el consumo de energía respecto a una variable de actividad económica, como el producto interior bruto (PIB), valor añadido, y tienen un alto nivel de agregación. Esto quiere decir, que se utilizan contando la totalidad de una economía o sector, a ese nivel no es posible presentar la actividad utilizando indicadores técnicos o físicos.

La eficiencia tiene que ver con el cumplimiento de cierta tarea al mínimo gasto de recursos, ya sea mano de obra, tiempo, materiales o gastos. Por lo tanto se puede considerar el gasto real *versus* el gasto presupuestado.

2.6. Necesidades de una estrategia energética

Una estrategia energética podría definirse como una planificación creada y destinada para actuar sobre la cantidad, costo y disponibilidad de las distintas fuentes de energía. Esto con un enfoque especial en la conservación y preservación del medioambiente y a la seguridad en el abastecimiento de la misma.

Es sumamente necesario tener un plan que permita soluciones alternativas de energía, derivado de la creciente demanda que tiene este insumo dentro de la industria guatemalteca. Esto permite no depender de manera absoluta de energía eléctrica producida por combustibles fósiles, si no crear una plan de contingencia que permita disponer de energía que pudiera necesitarse en un futuro, utilizando en áreas donde sea posible, fuentes alternativas que satisfagan la necesidad de energía.

2.7. Crisis energética

Es una demanda excesiva (o un incremento de precio) en el suministro de fuentes energéticas a una economía. Normalmente hace referencia a una disminución de la disponibilidad de petróleo, electricidad u otros recursos naturales. La crisis a menudo repercute en el resto de la economía, provocando una recesión en alguna forma. En particular, los costes de producción de electricidad crecen, elevando los costes de las manufacturas. Para el consumidor, el precio de la gasolina (petróleo) aumenta, llevando al consumidor a una reducción de sus gastos y a una menor confianza.

En una economía de mercado, el precio de los productos energéticos tales como el petróleo, el gas o la electricidad. Estos se comportan según un principio

de oferta y demanda que puede ocasionar cambios repentinos en el precio de la energía cuando cambia la oferta o la demanda. No obstante, en algunos casos una crisis energética obedece a una imposibilidad del mercado de ajustar los precios en respuesta a una disminución de la materia disponible.

2.8. Calderas generadoras de vapor a base de diésel y búnker

La caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor – presión constante. En él, el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase.

Caldera es todo aparato de presión donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable. Esto a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

La caldera es un caso particular en el que se eleva a altas temperaturas un set de intercambiadores de calor. En él se produce un cambio de fase. Además es recipiente de presión, por lo cual es construida en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas.

Debido a las amplias aplicaciones que tiene el vapor, principalmente de agua, la caldera es muy utilizada en la industria. El fin es generarlo para aplicaciones como:

- Esterilización: es común encontrar calderas en los hospitales, las cuales generaban vapor para sanitar el instrumental médico. También en comedores, con capacidad industrial, se genera vapor para esterilizar

los cubiertos, así como para elaborar alimentos en marmitas (antes se creyó que esta era una técnica de esterilización).

- Para calentar otros fluidos, como por ejemplo, en la industria petrolera, donde el vapor es muy utilizado para calentar petróleos pesados y mejorar su fluidez.
- Generar electricidad a través de un ciclo Rankin. La caldera es parte fundamental de las centrales termoeléctricas.

Es común la confusión entre caldera y generador de vapor, pero su diferencia es que el segundo genera vapor sobrecalentado.

2.8.1. Calderas acuatubulares

Son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza por tubos durante su calentamiento. Son las más utilizadas en las centrales termoeléctricas, ya que permiten altas presiones a su salida y tienen gran capacidad de generación, así como usos industriales. Esto debido a que con un menor diámetro y dimensiones menores dimensiones totales se alcanza una mayor presión de trabajo.

En las calderas acuatubulares, los tubos interiores acomodados longitudinalmente se utilizan para tener una mayor superficie de calentamiento. Estos deben estar inclinados para que el vapor generado con mayor temperatura al salir por la parte más alta, genere un ingreso natural del agua más fría, por la parte de abajo.

Originalmente estaban diseñadas para quemar combustible sólido. La producción del vapor está directamente relacionada con la presión y temperatura del agua dentro de la cámara principal.

Las calderas acuatubulares tiene una capacidad de producción de vapor que va desde los 120 kg/h hasta los 8 000 kg/h y por lo general trabajan con presiones de 150 kg/cm². Además de utilizar búnker como combustible principal; su capacidad máxima de producción de vapor es de 1 000 ton/h.

2.8.2. Calderas pirotubulares

En este tipo de caldera, el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente atravesado por tubos. Por ellos circulan gases a alta temperatura, producto de un proceso de combustión. El agua se evapora al contacto con los tubos calientes producto de la circulación de los gases de escape.

Están construidas específicamente para el máximo aprovechamiento de gases de recuperación. Además poseen una diversa variedad de características, tanto en su diseño principal como en el proceso de circulación de gases, dentro de la tubería interna.

2.8.3. Partes y terminología

A continuación se presentan las partes y terminología de las calderas.

- Agua de alimentación: es el agua de entrada que alimenta el sistema. Generalmente agua de pozo o agua de red con algún tratamiento químico como la desmineralización.

- Agua de condensado: es el agua que proviene del estanque condensador y que representa la calidad del vapor.
- Vapor seco o sobresaturado: vapor de óptimas condiciones.
- Vapor húmedo o saturado: vapor con arrastre de espuma proveniente de un agua de alcalinidad elevada.
- Condensador: sistema que permite condensar el vapor.
- Estanque de acumulación: es el estanque de acumulación y distribución de vapor.
- Desaireador: es el sistema que expulsa los gases a la atmósfera.
- Purga de fondo: evacuación de lodos y concentrado del fondo de la caldera.
- Purga de superficie: evacuación de sólidos disueltos desde el nivel de agua de la caldera.
- Fogón u hogar: alma de combustión del sistema, para buscar una mejora continua de los recipientes y circuitos establecidos por la caldera.
- Combustible: material que produce energía calórica al quemarse.
- Agua de calderas: agua de circuito interior de la caldera, cuyas características dependen de los ciclos y del agua de entrada.

- Ciclos de concentración: número de veces que se concentra el agua de caldera respecto del agua de alimentación.
- Alcalinidad: nivel de salinidad expresada en ppm de CaCO_3 que confiere una concentración de iones carbonatos e hidroxilos que determina el valor de pH de funcionamiento de una caldera, generalmente desde 10,5 a 11,5.
- Desoxigenación: tratamiento químico que elimina el oxígeno del agua de calderas.
- Incrustación: sedimentación de sólidos con formación de núcleos cristalinos o amorfos de sulfatos, carbonatos o silicatos de magnesio que merman la eficiencia de funcionamiento de la caldera.
- Dispersante: sistema químico que mantiene los sólidos descohesionados ante un evento de incrustación.
- Antiincrustante: sistema químico que les permite a los sólidos permanecer incrustantes en solución.
- Anticorrosivo: sistema químico que brinda protección por formación de películas protectoras ante iones corrosivos presentes en el agua.
- Índice de vapor/combustible: índice de eficiencia de producción de vapor de la caldera.

2.9. Capacidad de una caldera

A continuación se presenta la capacidad de las calderas.

- Calderas de baja presión: calderas que producen vapor a baja presión, hasta unos 4 o 5 kg/cm². Este rango de presiones es más común en las calderas de agua caliente que en las calderas que generan vapor.
- Calderas de media presión: producen vapor hasta aproximadamente 20 kg/cm². Generalmente vapor saturado, son utilizadas en la industria en general.
- Calderas de alta presión: asociadas a ciclos de potencia, trabajan con presiones de 20 kg/cm² hasta presiones cercanas a la crítica.
- Calderas súper críticas: son calderas que trabajan con presiones superiores a la crítica 220 kg/cm².

La capacidad de una caldera depende de la aplicación para la cual será utilizada. En la tabla I se observa la clasificación según su presión.

Tabla I. **Clasificación de las calderas según su presión en kg/cm²**

Tipo de caldera	Presión
Baja presión	0 – 2,5 Kg/cm ²
Media presión	2,5 – 10 Kg/cm ²
Alta presión	10 – 220 Kg/cm ²
Súper críticas	Más de 220 Kg/cm ²

Fuente: Udelar - Facultad de Ingeniería. *Clasificación de calderas*. p. 4.

2.10. Demanda

El objetivo de una caldera, además de generar vapor, es realizar con la máxima eficiencia posible la transferencia de calor. Definiendo esto de una manera sencilla como la porción de calor liberado en el horno que es absorbido por los fluidos en los elementos de la caldera.

El consumo de vapor de la maquinaria, que se utiliza en el proceso productivo, ha sido facilitado por los fabricantes de las mismas en función de las características del producto a procesar. Esto en su flujo másico, del incremento de temperatura que debe experimentar en cada proceso, y de las características propias de cada equipo.

2.11. Eficiencia de la caldera

La eficiencia con la cual funciona la caldera puede verse reflejada en función de la eficiencia con que el quemador esté funcionando. Esto está determinado por cuatro factores:

Diseño de la caldera y limpieza de las superficies de calefacción tanto en la parte interior del recipiente como en el fogón. Estos son factores que permiten que se traspase el calor de la combustión al agua de la caldera para generar vapor.

- Diseño del quemador: todos los quemadores requieren el uso de aire excedente por encima de la cantidad teórica de aire requerida para quemar cierta cantidad de combustible. Por ello, si se suministra una insuficiente cantidad de aire, la llama producirá humo y causará que los tubos se llenen de hollín. Si se usa grandes cantidades de aire, el aire

excedente se sobrecalienta y es expulsado por la chimenea con lo cual se desperdicia calor.

- Las relaciones adecuadas de aire-combustible son importantes para una operación eficiente. Esto debe verificarse con un analizador de gas de combustión.

- Eficiencia de combustión: si un quemador pudiera quemar todo el combustible sin exceso de aire y sin monóxido de carbono, produciría una eficiencia de combustión del 100 %. La eficiencia de combustión es una característica de la efectividad del quemador y se relaciona con la habilidad de quemar completamente el combustible. Los indicadores de la eficiencia de combustión son:
 - Una llama intensa y brillante sin humo.

 - Ajuste apropiado de la relación aire-combustible en todo el rango de encendido; bajos niveles de combustible sin quemar.

- Eficiencia de conversión de combustible a vapor: es la relación de salida de potencia de BTU dividido por la entrada de BTU. Es la relación correcta que se debe utilizar al determinar el costo del combustible. Incluye todas las pérdidas térmicas al cuarto de calderas.

2.12. Calderas en la generación de energía calorífica

El agua es el compuesto más abundante y más ampliamente extendido en el planeta. En estado sólido, en forma de hielo o nieve, cubre las regiones más frías de la tierra, en estado líquido, lagos, ríos, y océanos, cubre las tres cuartas

partes de la superficie terrestre. Está presente en el aire en forma de vapor de agua. Hay agua en toda materia viva, constituyendo el 65 % del cuerpo humano. Todos los alimentos contienen agua. Debido a su gran abundancia y a temperaturas convenientes, puede ser convertida en vapor. Esto resulta un medio ideal para la generación de la fuerza.

El vapor se utiliza en las industrias, los generadores de vapor y las calderas recuperadoras de calor son vitales para las plantas de potencia y de procesos. Es por ello que las calderas forman una parte esencial de cualquier planta de potencia o sistema de cogeneración.

En la actualidad, la principal fuente de combustible líquido de las centrales termoeléctricas (CTE) es el *fueloil* pesado (bunker) o liviano (diésel), cada día más degradados. Los principales problemas que se generan en las plantas al quemar este tipo de combustible son: reducción de la eficiencia técnica; deterioro de los materiales metálicos de los generadores de vapor y emisión de contaminantes.

En los generadores de vapor tienen lugar enormes pérdidas de energía utilizables. Esto junto con el enorme potencial de ahorro de energía que puede derivarse de su diseño y funcionamiento correcto, señala la necesidad de profundizar y actualizar los conocimientos, para optimizar rendimientos energéticos en las calderas.

Un manejo adecuado de la energía puede hacer que en la industria se disminuya la demanda de energía y como consecuencia de esto se reduzcan costos. Además de las oportunidades de ahorro de energía en ciertas áreas como lo es iluminación, aire acondicionado, motores. Los sistemas de

generación y distribución de vapor son quizás más importantes porque su mantenimiento es casi siempre descuidado.

2.13. Ventajas de la generación de vapor

Existen ciertas ventajas que trae como consecuencia la generación de un tipo de energía distinto al convencional, como lo es el caso de la generación de vapor a través de una caldera con el fin de alimentar un área determinada. Esto permite hacer uso del sistema convencional de energía eléctrica o bien, desacoplarse de este sistema y hacer uso del sistema alternativo de generación de vapor, aprovechando la autogeneración de energía a un costo más bajo. Se aprovecha su uso durante horas en que la demanda se eleva, en donde la tarifa del servicio eléctrico es alto, esto se minimiza con la generación de vapor como fuente de energía alternativa.

Las ventajas financieras, productivas y ambientales son muchas al momento de hacer uso de una fuente de energía alternativa de bajo costo. Esto porque permite ofrecer productos a un nivel mucho más competitivo, además de permanecer al nivel de la competencia, debido al elevado costo del servicio de energía eléctrica en contraste con el relativo bajo costo de la generación de vapor por medio de una caldera, utilizando como combustible bunker o diésel.

2.13.1. Beneficios económicos

El beneficio económico del uso de fuentes de energía alternativas representan un beneficio monetario significativo dado por el menor costo por unidad específica de energía, así como por evitar cargos fijos de potencia. Esto hace posible su utilización en función de la necesidad real, es decir se puede

utilizar como fuerza fabril o bien para reducción de costos al momento de picos de demanda de energía eléctrica.

2.13.2. Beneficios ecológicos

Al momento de utilizar una fuente de energía alternativa, las emisiones de desechos tóxicos como lo es el monóxido de carbono se minimizan, así como la reducción de emisiones de dióxido de carbono. De igual manera se evitan las pérdidas en el transporte y transformación, como sucede con la energía eléctrica, ya que en el transporte de la misma por medio del cableado. Se deben tomar en cuenta pérdidas considerables así como la conversión de altas tensiones por medio de los transformadores con el fin de hacerla apta para el uso industrial, aspectos que se eliminan con el uso de dichas fuentes alternativas.

2.13.3. Beneficios operativos

Muchas veces la calidad de la energía ofrecida por centrales eléctricas pueden ser fluctuantes esto puede ocasionar mermas en la producción, afectando todo el proceso. Dentro de los beneficios operativos que ofrece el uso de fuentes alternativas de energía se puede mencionar la eliminación de interrupciones en el suministro de energía, así como el aseguramiento de la calidad de la energía producida, aumentado la confiabilidad en el sistema y asegurando una producción continúa, sin interrupciones que afecten la logística de la institución.

2.14. Inicios de la caldera de vapor

Las calderas o generadores de vapor son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan el agua para aplicaciones en la industria. Hasta principios del siglo XIX se usaron calderas para teñir ropas, producir vapor para limpieza, y otros. Pero Denis Papín (1647-1714) inventor y físico francés, creó una pequeña caldera llamada marmita.

Se usó vapor para intentar mover la primera máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo, ya que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse esta dejaba de producir trabajo útil. Luego de otras experiencias, James Watt (1736 - 1819) inventor e ingeniero mecánico escocés, completo una máquina de vapor de funcionamiento continuo, que usó en su propia fábrica, ya que era un industrial inglés muy conocido.

La máquina elemental de vapor fue inventada por Papín en 1769 y desarrollada posteriormente por James Watt en 1776. Inicialmente fueron empleadas como máquinas para accionar bombas de agua, de cilindros verticales. Ella fue la impulsora de la revolución industrial, la cual comenzó en ese siglo y continuó en los siguientes.

Máquinas de vapor alternativas de variada construcción han sido usadas durante muchos años como agente motor. Sin embargo, han ido perdiendo gradualmente terreno frente a las turbinas.

Entre sus desventajas se encuentran la baja velocidad y como consecuencia el mayor peso por Kw de potencia, necesidad de un mayor

espacio para su instalación e inadaptabilidad para usar vapor a alta temperatura.

Dentro de los diferentes tipos de calderas se han construido calderas para tracción, utilizadas en locomotoras para trenes tanto de carga como de pasajeros. El humo, es decir los gases de combustión calientes, pasan por el interior de los tubos cediendo su calor al agua que rodea a esos tubos. Aunque también existen calderas en las cuales los gases pasan por el exterior de los tubos cediendo el calor al agua que circula internamente los tubos.

Para medir la potencia de la caldera, Watt recurrió a medir la potencia promedio de muchos caballos, y obtuvo unos 33 000 libras-pie/minuto o sea 550 libras-pie/seg. Este fue el valor que denominó *horse power* (hp), (caballo de fuerza).

2.15. Partes de la caldera

A continuación se describen las partes de la caldera.

- Cámara de combustión: es el espacio donde se produce la combustión. Se le conoce también con el nombre de cámara de combustión.
- Puerta de cámara: es una pieza metálica, abisagrada, revestida generalmente en su interior con ladrillo refractario o de doble pared. Es por donde se alimenta de combustible sólido al hogar y se hacen las operaciones de control de fuego. En las calderas que queman combustibles líquidos o gaseosos, esta puerta se reemplaza por el quemador.

- Cenicero: es el espacio que queda bajo la parrilla y que sirve para recibir las cenizas que caen de esta. Los residuos acumulados deben retirarse periódicamente para no obstaculizar el paso de aire necesario para la combustión. En algunas calderas el cenicero es un depósito de agua.

- Puerta del cenicero: accesorio que se utiliza para realizar las funciones de limpieza del cenicero. Mediante esta puerta regulable se puede controlar también la entrada del aire primario al hogar. Cuando se hace limpieza de fuegos o se carga el hogar, se recomienda que dicha puerta permanezca cerrada con el objeto de evitar el retroceso de la llama.

- Altar: es un pequeño muro de ladrillo refractario, ubicado en el hogar, en el extremo opuesto a la puerta del hogar y al final de la parrilla, debiendo sobrepasar a esta en aproximadamente 30 cm. Los objetivos del altar son:
 - Impedir que al avivar, cargar o atizar los fuegos, se desprendan partículas de combustibles o escoria al primer tiro de los gases. El altar forma también el cierre interior del cenicero.

 - Imprimir a la corriente de aire de la combustión una distribución lo más uniforme posible y una dirección.

 - Restringir la sección de salida de los gases calientes aumentando su velocidad. Esto facilita su mezcla y contacto íntimo con el aire, haciendo así que la combustión sea más completa.

- Mampostería: es a la construcción de ladrillos refractarios o comunes que tiene como objeto:

- Cubrir la caldera para evitar pérdidas de calor al exterior, así como guiar los gases y humos calientes en su recorrido.
- Para mejorar el aislamiento la mampostería se dispone, a veces, en sus paredes de espacios huecos (capas de aire) que dificultan el paso de calor al exterior. En algunos tipos de calderas se ha eliminado totalmente la mampostería de ladrillo, colocándose solamente aislamiento térmico en el cuerpo principal y cajas de humo.
- Para este objeto se utilizan materiales aislantes, tales como lana de vidrio recubierta con planchas metálicas.
- Conductos de humos: es aquella parte de la caldera por donde circulan los humos y los gases calientes que se han producido en la combustión. En estos conductos se realiza la transmisión de calor al agua que contiene la caldera. En las calderas tubulares, estos conductos (tubos) deben instalarse de modo que su extremo superior quede a 10 cm (4 plg) por debajo del nivel mínimo de agua de la caldera.
- Caja de humo: corresponde al espacio de la caldera en el cual se juntan los humos y gases después de haber entregado su calor y antes de salir por la chimenea.
- Chimenea: es el conducto de salida de los gases y humos de la combustión hacia la atmósfera. Estos deben ser evacuados a una altura suficiente para evitar perjuicios o molestias a la comunidad. Además tiene como función producir el tiraje necesario para obtener una adecuada combustión. Esto es haciendo pasar el aire necesario y

suficiente para quemar el combustible, en caldera que usan combustibles sólidos.

- Regulador de tiro o templador: consiste en una compuerta metálica instalada en el conducto de humo que comunica con la chimenea o bien en la chimenea misma. Tiene por objeto dar mayor o menor paso a la salida de los gases y humos de la combustión.

Este accesorio es accionado por el operador de la caldera para regular la cantidad de aire en la combustión, al permitir aumentar (al abrir) o disminuir (al cerrar) el caudal. Generalmente se usa en combinación con la puerta del cenicero.

- Tapas de registro o puertas de inspección: son aperturas que permiten inspeccionar, limpiar y reparar la caldera. Existen dos tipos dependiendo de su tamaño:
 - Puertas de hombres: como su nombre lo indica, estas puertas tienen el tamaño suficiente para permitir el paso de un hombre para inspeccionar interiormente la caldera y limpiarla.
 - Tapas de registro: todas las calderas tienen convenientemente distribuidas cierto número de tapas que tienen por objeto inspeccionar ocularmente el interior de las calderas o lavarlas, si es necesario extraer en forma mecánica o manual, los lodos que se hayan acumulado y que no hayan salido por las purgas. Casi todas las tapas tienen forma ovalada para ajustar de adentro hacia fuera, llevan empaquetadura para su ajuste hermético y un perno

central para su apriete. Algunas calderas tienen orificios cilíndricos los cuales se sellan con tapas tornillos.

- Puertas de explosión: son puertas metálicas con contrapeso o resortes, ubicadas generalmente en la caja de humos y que se abren en caso de exceso de presión en la cámara de combustión. Estas permiten la salida de los gases y eliminando la presión. Solo son utilizables en calderas que trabajen con combustibles líquidos o gaseosos.
- Cámara de agua: es el volumen de la caldera que está ocupado por el agua que contiene y tiene como límite superior un cierto nivel mínimo del que no debe descender nunca el agua durante su funcionamiento. Es el comprendido del nivel mínimo visible en el tubo de nivel hacia abajo.
- Cámara de vapor: es el espacio o volumen que queda sobre el nivel superior máximo de agua y en el cual se almacena el vapor generado por la caldera. Mientras más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara. En este espacio o cámara, el vapor debe separarse de las partículas de agua que lleva en suspensión. Por esta razón, algunas calderas tienen un pequeño cilindro en la parte superior de esta cámara, llamado domo y que contribuye a mejorar la calidad del vapor.
- Cámara de alimentación de agua: es el espacio comprendido entre los niveles máximos y mínimos de agua. Durante el funcionamiento de la caldera se encuentra ocupado por agua y vapor, según sea donde se encuentre el nivel de agua.

2.16. Circuitos principales para la producción de vapor

Para que los intercambios de energía sean exitosos en la generación de vapor y posteriormente en la generación de energía utilizable son imprescindibles 3 circuitos principales y un circuito de equipo auxiliar. Estos son:

- Circuito de combustible
- Circuito agua vapor
- Circuito de energía eléctrica
- Circuitos auxiliares

2.16.1. Circuito de combustible

El combustible se quema en la cámara de combustión de la caldera, constituido por un espacio cerrado, en donde generalmente se encuentran los canales de circulación del aire necesario para la combustión. Después de calentar la caldera donde tiene lugar la vaporización del agua, los gases residuales de la combustión o el humo pasan a un conducto para ser eliminados expulsándolos al exterior por medio de una chimenea.

Como estos gases aún están calientes puede aprovecharse la energía térmica en ellos contenida. Esto para el circuito primario de uno o varios recalentadores de vapor y para el circuito primario de uno o más economizadores del agua de alimentación de la caldera. Desde aquí los gases pasan a la chimenea que puede ser de tiro natural o de tiro forzado, por donde son expulsados.

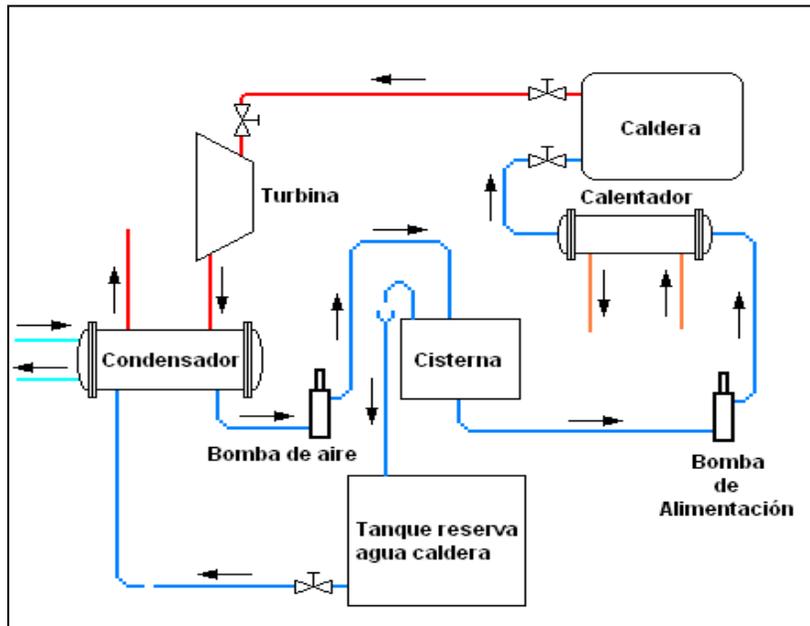
2.16.2. Circuito de agua-vapor

La vaporización del agua se realiza en la caldera que es, en esencia, un depósito de agua que se calienta hasta que el agua se convierte en vapor. Como el vapor, a la salida de la caldera, contiene todavía partículas líquidas se le convierte en vapor recalentado haciéndole pasar por el circuito secundario de uno o más recalentadores primarios. Estos son situados en la trayectoria de los gases de combustión. Desde la caldera (o desde los recalentadores si los hubiere) el vapor a presión y a alta temperatura, se conduce hasta la turbina, donde se expansiona produciendo energía mecánica.

En las turbinas modernas, como se sabe, se realizan extracciones de vapor, conduciéndolo de nuevo hacia los recalentadores secundarios de la caldera. Es aquí donde el vapor sufre nuevos recalentamientos para ser posteriormente introducido en los siguientes cuerpos de las turbinas o en otras turbinas independientes. En las turbinas también se realizan extracciones de vapor que se conducen a los circuitos primarios de los precalentadores del agua de alimentación, para calentarla.

Para aumentar el rendimiento térmico del conjunto, es conveniente que el agua de alimentación entre a la caldera ya caliente. Esto para lo que se hace pasar previamente por precalentadores, calentados por las extracciones de vapor de las turbinas y por uno o más economizadores. Estos son calentados por los gases de escape antes de su salida a la atmósfera por la chimenea.

Figura 6. **Circuito agua-vapor de una caldera**



Fuente: Udelar - Facultad de Ingeniería. *Clasificación de calderas*. p. 4.

2.16.3. **Dispositivos y circuitos auxiliares para vapor**

Todo el equipo auxiliar comprende el conjunto de dispositivos o aparatos que están íntimamente ligados, ya sea con la caldera misma, o con su operación, control y mantenimiento. Son indispensables para la seguridad, para la economía y para la comodidad. La única excepción que hay que hacer es con las conexiones, que comprenden aquellas partes directamente conectadas a la caldera o dentro de la misma.

2.17. Calentadores solares

Un calentador solar es un aparato que utiliza la energía solar para calentar alguna sustancia, como puede ser agua, aceite. Su uso más común es para calentar agua para uso en piscinas o servicios tanto en ambientes domésticos como en la industria en general. Es sencillo y resistente puede tener una vida útil de hasta 20 años sin mayor mantenimiento.

En muchos climas un calentador solar puede disminuir el consumo energético utilizado para calentar agua. Tal disminución puede llegar a ser de hasta 50 % - 75 % o inclusive 100 % si se sustituye completamente, eliminando el consumo de gas o electricidad. En el país, el clima es bastante propicio para el uso de estos sistemas, su uso no está extendido debido al elevado costo inicial de la instalación.

Los calentadores tienen una elevada eficiencia para captar la energía solar. Dependiendo de la tecnología y materiales implementados pueden llegar a alcanzar eficiencias del 70 % a 80 %. No debe confundirse el panel solar térmico con el panel fotovoltaico, el cual no se utiliza para calentar sustancias, sino para generar electricidad a partir de la luz.

Dentro de la industria, el uso de calentadores solares puede utilizarse para captar energía solar y con esta precalentar agua para uso en calderas. Es decir elevar la temperatura del agua a utilizar en la caldera antes de que circule dentro de la misma. El fin es que sea menor la cantidad de combustible a utilizar para generar vapor al tener agua a una temperatura más cercana del punto de ebullición y no a temperatura ambiente.

2.18. Reciclaje de aceites y su uso como combustible

Los aceites usados tanto de vehículos como maquinaria industrial, constituyen una problemática ambiental en la actualidad, debido a los problemas con su disposición. Los aceites usados son catalogados como residuos peligrosos. Los mecanismos por los que se pierde la calidad del aceite y las distintas opciones tradicionales y alternativas de reciclaje de los aceites usados son variados y reutilizarlos es una opción de contribuir a la conservación del medio ambiente.

A los aceites usados se les considera un residuo tóxico y peligroso, pues son una mezcla de hidrocarburos, agua, sedimentos, cenizas, metales y azufre, contaminados. Estos son ocasionalmente por aceites vegetales, disolventes y compuestos halogenados. Contienen un 89 % de hidrocarburos y un 11 % de aditivos.

Los aceites usados pueden ser regenerados técnicamente es posible. Sin embargo el contenido de agua, sedimentos y otras materias hace difícil la regeneración. Además, el proceso de regeneración también produce residuos en hornos industriales, como por ejemplo en las plantas de cemento o vidrio.

Obviamente que el uso de aceites usados en hornos industriales requiere de estudios, principalmente para ver los niveles de sólidos, de cloruros, sulfuros y metales. Se espera que las altas temperaturas eliminen los potenciales contaminantes de los aceites usados que afectarían a las personas. Una forma de ahorrar combustibles es permitiendo que las industrias que estén capacitadas y preparadas, utilicen los aceites usados como combustibles alternativos, en vez del búnker, diésel o bien creando una mezcla de estos.

Una industria eficiente y de acuerdo a la calidad del aceite usado que utilice, podría utilizar hasta un 50 % de aceites en sus hornos. Se pueden mencionar varios factores positivos que existen de uso de aceites usados dentro de la generación de energía:

- Se resuelve un problema ambiental, pues los aceites usados actualmente no se eliminan adecuadamente.
- Reducir la contaminación atmosférica de las industrias que los usen, pues los niveles de azufre podrían reducirse, dependiendo de la calidad de los aceites a utilizar y las tecnologías eficientes de las industrias.
- Reducir el consumo de petróleo y sus derivados para los usuarios de este sistema como para el país, al reutilizar un producto que de lo contrario contaminaría o habría que importar para abastecer al sector industrial.
- En la actualidad, en el medio, el uso de aceites usados como combustible alternativo es muy poco utilizado. Esto debido al poco conocimiento que se tiene de la eficiencia y ahorro que se obtendría al utilizar este tipo de energía alternativa, ayudando además a la conservación del medio ambiente.

3. DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA

El proceso de fabricación de la suela es una serie de pasos en los cuales se utiliza como materia prima el poliuretano. Este es un polímero termoplástico que reacciona al calor. El material se aplica por medio de máquinas inyectoras a moldes que dan la forma deseada, todo esto se maneja a una temperatura superior a los 75 °C.

Posterior a la formación de la suela, se aplica un recubrimiento de barniz líquido. Este proporciona brillo así como una capa protectora que recubre la suela. Este paso se realiza por medio de operarios ubicados en cabinas que facilitan la aplicación del barniz, por medio de pistolas de aire que rocían el barniz de manera explayada y uniforme.

Figura 7. **Batería de hornos de secado**



Fuente: Eurosuelas S. A.

Después de aplicar el barniz se colocan las suelas en una banda transportadora que conducen el producto a los hornos de secado. Es donde el calor permite el secado rápido del barniz y dar lugar al producto terminado.

La propuesta de mejorar la eficiencia en el uso de energía eléctrica es el primordial objetivo de este estudio. Para ello es importante que los elementos que conforman el conjunto de generación, distribución y uso de vapor, se deben acoplar en un funcionamiento óptimo para que genere el mejor resultado posible. Esto siendo eficientes y eficaces en la propuesta de ahorro energético y que el resultado sea el esperado.

Con el uso de la caldera se busca generar vapor saturado, el cual se genera a través de una transferencia de energía (en forma de calor), En ella el fluido, originalmente en estado líquido se calienta y cambia de estado. La transferencia de calor se efectúa mediante un proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera, elevando progresivamente la presión y la temperatura. La presión no puede elevarse de manera descontrolada, ya que debe permanecer constante por lo que se controla mediante el escape de gases de combustión y la salida del vapor formado. Debido a que la presión del vapor generado en la caldera es muy grande, estas están construidas de metales altamente resistentes a presiones altas, como el acero laminado.

Figura 8. **Caldera pirotubular**



Fuente: Eurosuelas S. A.

El funcionamiento de la caldera pasa por ciclos de presurización y despresurización en los que la presión en la caldera varía ligeramente en torno al punto de consigna. Cuando la demanda de vapor excede a la aportación de calor la presión decrece y se produce revaporizado (efecto *flash*); cuando la demanda es inferior a la aportación de calor aumenta la presión, almacenando el agua y el vapor más energía térmica.

Los quemadores dentro de la caldera impulsan una mezcla de aire y combustible líquido. Esto con una llama piloto se consume la mezcla generando la llama dentro de la cámara de combustión. Estos quemadores poseen mecanismos de seguridad que cortan el flujo de combustible cuando ocurren problemas con la combustión. Por ejemplo en situaciones en donde no está entrando la cantidad de aire suficiente o bien que la temperatura del aire se eleva más de lo normal.

Figura 9. Quemador de caldera



Fuente: Eurosuelas S. A.

3.1. Diagnóstico de consumo de energía eléctrica en el área de Pintura

En la actualidad Eurosuelas S. A. tiene un consumo de energía eléctrica que sobrepasa los niveles permitidos, dentro de la empresa a fin de que el nivel de utilidades sea óptimo. Esto derivado del crecimiento que la demanda de suelas ha tenido a través de los últimos meses.

Dentro del área de Pintura se cuenta con 3 bandas de transportadores. Estos tienen los hornos de secado, cada horno es activado únicamente por energía eléctrica y funcionan utilizando resistencias eléctricas que generan un consumo por cada línea de:

Tabla II. **Consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 1**

BANDA 1	AMPERAJE			Tablero trifásico 240 Voltios	POTENCIA CONSUMIDA EN WATT
	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3		
HORNO 1	9,87	5,7	5,85	240	5 140,8
HORNO 2	5,91	6,53	11,08	240	5 644,8
HORNO 3	9,72	5,77	5,8	240	5 109,6
HORNO 4	6,28	6,12	10,72	240	5 548,8
HORNO 5	7,28	6,07	12,32	240	6 160,8
HORNO 6	9,8	5,94	6	240	5 217,6
HORNO 7	6,21	5,99	10,02	240	5 332,8
TOTAL					38 155,2

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 2**

BANDA 2	AMPERAJE			Tablero trifásico 240 Voltios	POTENCIA CONSUMIDA EN WATT
	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3		
HORNO 1	8,87	5,48	10,9	240	6 060
HORNO 2	6,12	5,9	11,74	240	5 702,4
HORNO 3	11,4	6,54	5,41	240	5 604
HORNO 4	5,32	6,29	9,27	240	5 011,2
HORNO 5	6,22	5,14	11,62	240	5 515,2
HORNO 6	6,18	10,58	5,81	240	5 416,8
TOTAL					33 309,6

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 3**

BANDA 3	AMPERAJE			Tablero trifásico 240 Voltios	POTENCIA CONSUMIDA EN WATT
	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3		
HORNO 1	11,46	5,48	6,06	240	5 520
HORNO 2	6,21	6,38	10,97	240	5 654,4
HORNO 3	5,93	6,01	5,41	240	4 164
HORNO 4	5,23	6,85	9,98	240	5 294,4
HORNO 5	7,38	5,08	11,93	240	5 853,6
HORNO 6	10,1	5,28	6,36	240	5 217,6
HORNO 7	6,25	6,09	10,58	240	5 500,8
HORNO 8	5,21	11,05	6,54	240	5 472
TOTAL					42 676,8

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Horno eléctrico de secado**



Fuente: Eurosuelas S. A.

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) informa las tarifas vigentes para el trimestre comprendido de mayo a julio 2016.

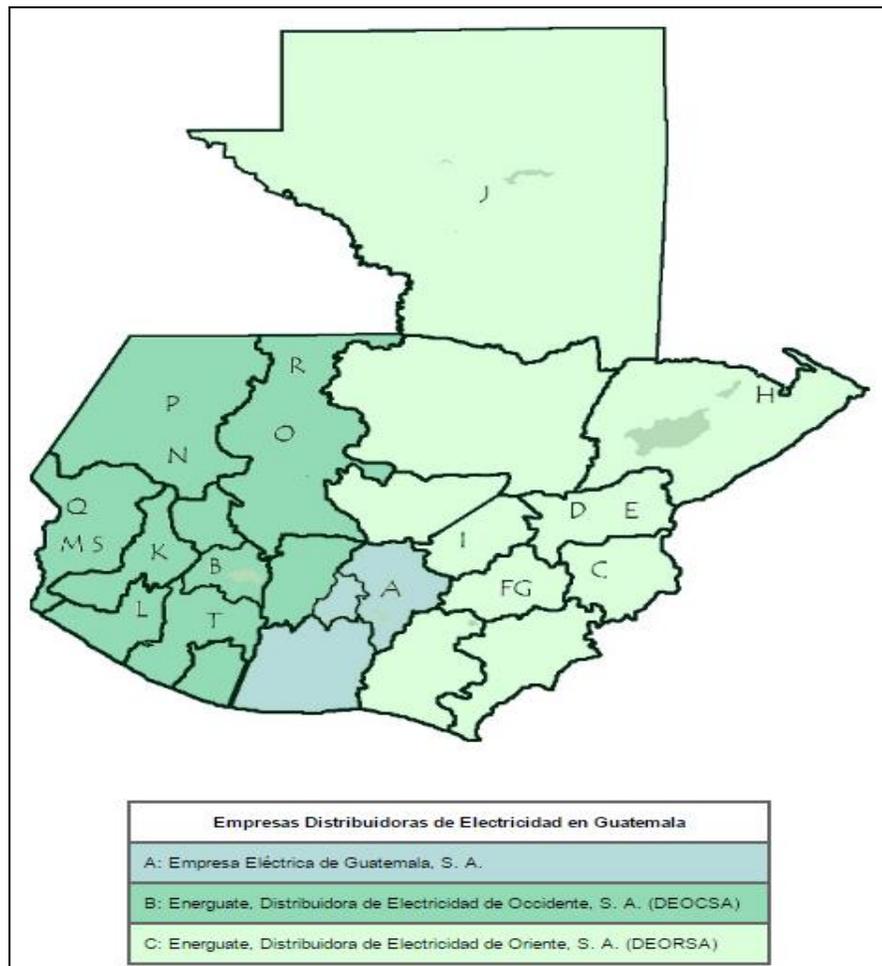
El presente ajuste tarifario se calcula con base en las compras de energía realizadas por las Distribuidoras Eegsa, Deocsa y Deorsa. Esto durante los meses de enero a marzo de 2016. Las tarifas de distribución de energía eléctrica de dichas distribuidoras que estarán vigentes a partir del 1 de mayo hasta el 31 de julio de 2016 son las siguientes:

Figura 11. **Tarifa no social**

TARIFA NO SOCIAL				
Tarifa	Feb - Abr 2016 Q/kWh	May - Jul 2016 Q/kWh	Variación Q/kWh	Variación %
EEGSA TNS	1.1319	1.1318	0.00	0%
DEOCSA TNS	1.6601	1.6790	0.02	1%
DEORSA TNS	1.5604	1.5603	0.00	0%

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, (CNEE) Guatemala.

Figura 12. Cobertura de las empresas de distribución de energía eléctrica



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, (CNEE) Guatemala.

El costo actual del Q/kWh es de Q 1 1318. Por lo tanto, mantener en funcionamiento las 3 bandas con sus diferentes hornos en una jornada de 12 horas y de lunes a viernes, esto tiene un costo mensual de:

Tabla V. **Cálculo de costo de operación de horno mensual**

Área de pintura	Cantidad de Hornos	Total de potencia por banda en kWatt	Q/kWh	Quetzales por hora	Jornada 12 horas	20 Días trabajados
Línea 1	6	38.1552	1.1318	Q 43,18	Q 518,21	Q 10 364,17
Línea 2	6	33.3096	1.1318	Q 37,70	Q 452,40	Q 9 047,95
Línea 3	8	42.6768	1.1318	Q 48,30	Q 579,62	Q 11 592,38
				Totales	Q 1,550,23	Q 31 004,51

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, (CNEE) Guatemala.

Por lo que es necesario implementar una alternativa que reduzca el consumo de energía eléctrica en los hornos de secado.

3.2. Capacidad instalada actual en equipo del Departamento de Pintura

La capacidad instalada es el potencial de producción o volumen máximo de producción que una empresa en particular, unidad, departamento o sección. Esto puede lograr durante un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta todos los recursos que tienen disponibles, sea los equipos de producción, instalaciones, recursos humanos, tecnología, experiencia/conocimientos, y otros.

Es importante señalar que el hecho de estar cerca de la capacidad instalada no significa necesariamente que todos los recursos están cerca de su capacidad máxima. En realidad no puede ser un equipo, por ejemplo, se utiliza casi 100 % y otros equipos en las mismas etapas o de otro tipo del proceso de producción, que se utilizan muy por debajo de su capacidad.

Objetivo de gestión es tratar de evitar este tipo de situaciones utilizando, el *outsourcing* en áreas donde hay exceso de utilización de los recursos o contratar/dar a los demás en áreas donde hay subutilización.

El concepto de capacidad instalada también se utiliza frecuentemente en economía para describir todo un sector de actividad o una región entera. Cuando el volumen de la producción es inferior a la capacidad instalada, se dice que existe un desempleo de factores. A medida que el volumen de producción se acerca a la capacidad instalada, se dice que hay pleno empleo.

La capacidad instalada con que actualmente dispone el área de Pintura es 3 estaciones de 6 hornos dúplex. Por donde pasa una banda transportadora que lleva las suelas y las dispone a pasar por los hornos en un periodo de 2 a 3 minutos para su secado por medio del calor. La banda transportadora a su vez es alimentada por operarios dispuestos en 12 cabinas de pintura, todo esto se realiza en jornadas de 12 horas.

Figura 13. **Banda transportadora**



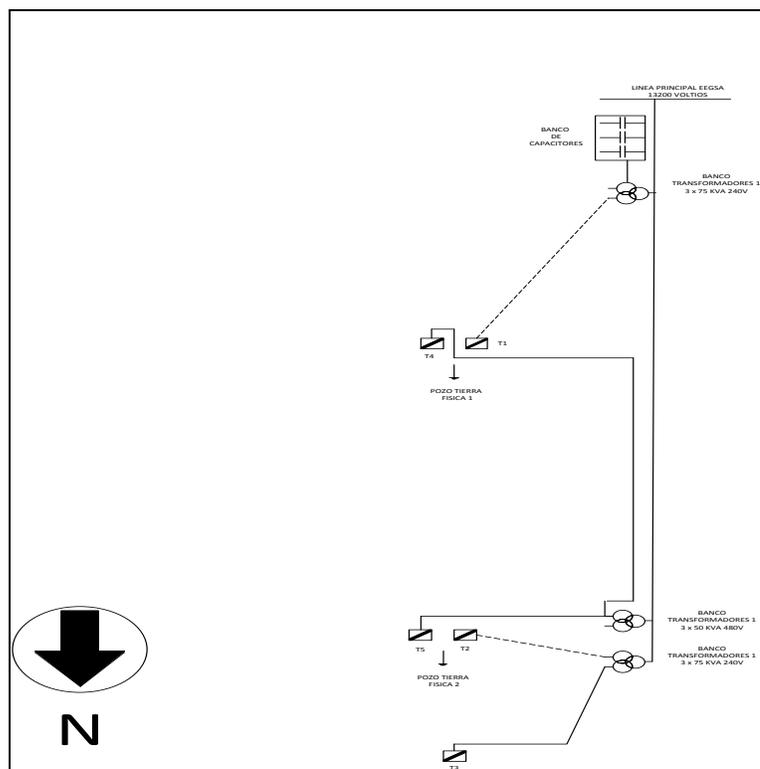
Fuente: Eurosuelas S. A.

3.3. Diagnóstico general de consumo eléctrico en Eurosuelas S. A.

Los objetivos del diagnóstico energético son establecer metas de ahorro de energía, diseñar y aplicar un sistema integral. Para dicho ahorro de energía evalúa técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía y disminuir el consumo de energía, sin afectar los niveles de producción.

El diagrama unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella.

Figura 14. Diagrama unifilar planta Eurosuelas



Fuente: Eurosuelas S. A.

Figura 15. Estimacion de equipo para la planta Eurosuelas

TABLERO 1 TRIFASICO 240 VOLTIOS					
FLIPON PRINCIPAL DE 3 X 500 AMPERIOS					
#	FLIPON	EQUIPO	#	FLIPON	EQUIPO
1	3 X 70	LAVADORAS	5	3 X 100	SUB TABLERO HORNOS Y SUBTABLERO TRANSPORTADOR PINTURA
2	3 X 175	INYECTORA GUSBI 1	6	3 X 200	FUERA DE USO
3	3 X 125	INYECTORA BANANA	7	3 X 175	INYECTORA GUSBI 2
4	3 X 125	SIN USO	8	3 X 125	FUERA DE USO
TABLERO 2 TRIFASICO 240 VOLTIOS					
FLIPON PRINCIPAL 3 X 600 AMPERIOS					
#	FLIPON	EQUIPO	#	FLIPON	EQUIPO
1		FUERA DE USO	7	3 X 175	SUB TABLERO TRANSPORTADOR PINTURA PU (TRANSPORTADOR AZUL)
2		FUERA DE USO	8	3 X 125	TORRE DE ENFRIAMIENTO, ILUMINACION DEPTO TERMOPLASTICOS
3	3 X 125	SUB TABLERO BODEGA	9	3 X 200	FUERA DE USO
4	3 X 125	SUB TABLERO PLANTA SANDALIAS, SUB TABLERO TALLER	10	3 X 125	INYECTORA LORENZIN
5	3 X 125	BANDA TRANSPORTADORA DEPTO TERMOPLASTICOS	11	3 X 175	HORNOS BANDA TRANSPORTADORA DEPTO TERMOPLASTICOS
6		FUERA DE USO	12	3 X 125	FUERA DE USO
TABLERO 3 TRIFASICO 240 VOLTIOS					
FLIPON PRINCIPAL 3 X 225 AMPERIOS					
#	FLIPON	EQUIPO	#	FLIPON	EQUIPO
1	3 X 60	CIRCUITO GENERAL MAQUINAS COMPLEMENTARIAS HORMAS	5	3 X 50	TORNO FINALIZADOR HORMAS
2	3 X 60	TORNO DESBASTADOR HORMAS	6		FUERA DE USO
3			7		
4			8		
TABLERO 4 TRIFASICO 480 VOLTIOS					
FLIPON PRINCIPAL 3 X 225 AMPERIOS					
#	FLIPON	EQUIPO	#	FLIPON	EQUIPO
1	3 X 70	MOLINO HORMAS	5	3 X 125	COMPRESORES
2	3 X 50	MOLINO PU	6	3 X 70	REACTOR
3	3 X 20	MOLINO TR	7	3 X 20	MOLINO ABS
4			8		

Continuación de la figura 15.

TABLERO 5 TRIFASICO 480 VOLTIOS					
FLIPON PRINCIPAL 3 X 225 AMPERIOS					
#	FLIPON	EQUIPO	#	FLIPON	EQUIPO
1	3 X 40	INYECTORA SIREM	5	3 X 50	INYECTORA JASSOT
2	3 X 70	MAQUINA DE INMERSION PINTURA PU	6	3 X 100	INYECTORA LESSMAK
3	3 X 70	COMPRESORES PISTON	7	3 X 40	INYECTORA MAIN GROUP
4			8		

Fuente: Eurosuelas S. A.

La siguiente tabla detalla el consumo de energía eléctrica que hubo en el semestre de diciembre 2015 al mes de mayo 2016. Esto detallando el consumo mensual de kWh demandado por la empresa.

Tabla VI. **Consumo general de energía eléctrica para la empresa Eurosuelas**

Mes	Consumo de energía kWh	Costo Actual de kWh	Costo mensual
1/12/2015	205652,00	1,1318	Q 232 756,93
1/01/2016	180569,60	1,1318	Q 204 368,67
1/02/2016	199215,36	1,1318	Q 225 471,94
1/03/2016	207794,00	1,1318	Q 235 181,25
1/04/2016	162515,20	1,1318	Q 183 934,70
1/05/2016	191149,23	1,1318	Q 216 342,70

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Consumo de kWh mensuales para el área de Pintura de Eurosuelas**

Área de pintura	Cantidad de Hornos	Total de potencia por banda en kWatt	Q/kWh	Quetzales por hora	Jornada 12 horas	20 Días trabajados
Línea 1	6	38,1552	1,1318	Q 43,18	Q 518,21	Q 10 364,17
Línea 2	6	33,3096	1,1318	Q 37,70	Q 452,40	Q 9 047,95
Línea 3	8	42,6768	1,1318	Q 48,30	Q 579,62	Q 11 592,38
				Totales	Q 1 550,23	Q 31 004,51

Fuente: elaboración propia.

3.4. Análisis de paros por mantenimiento

Dentro del área analizada no se cuenta con un mantenimiento preventivo, sino más bien correctivo. Este se lleva a cabo al momento en que las resistencias eléctricas fallan es necesario sacar un horno de funcionamiento y disponer de 3 a 4 horas para llevar a cabo el cambio de resistencias en un periodo de 2 a 3 meses, tiempo que tiene una resistencia de vida útil.

Tabla VIII. Controles de paros por banda

Enero. 2016																																				
Tabla de paros	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Día					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Banda 1								1				2				5			6				4					3								
Banda 2									2	3						5							6			4							1			
Banda 3									6			5					4						2	1					7			3				

Febrero. 2016																																				
Tabla de paros	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29							
Banda 1				6					1						3				2									1								
Banda 2					3							4						1				2				5										
Banda 3				8						5				1				6				7					4									

Marzo. 2016																																				
Tabla de paros	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Día			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Banda 1			6		4					5					3							1			2											
Banda 2				4								2				1					4				3											
Banda 3					3					8				1			2								5				7							

Abril. 2016																																				
Tabla de paros	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Día					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Banda 1					1			6					4					4							3		5			2						
Banda 2								6				3				1			4			5						2								
Banda 3					8					1		3						2				7			5			6				4				

Mayo. 2016																																				
Tabla de paros	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
Banda 1			1			5							3					6						4				2								
Banda 2			3			4																	1				6									
Banda 3			8					4										5						2												

Fuente: Eurosuelas S. A.

Como se ve en la tabla anterior, solamente se lleva el control de paros por cada banda el día en que ocurrió y qué número de horno es el que se le cambio la resistencia por una nueva. Cabe mencionar que la mayoría de ocasiones solamente se cambia la resistencia dañada y las otras dos se cambian hasta que nuevamente vuelvan a fallar. Esto ocasiona que posiblemente se tenga que volver a sacar el mismo horno en un corto periodo.

Tabla IX. **Tabla resumen de tiempos perdidos de enero a mayo 2016**

	Total de tiempo trabajado enero-mayo	Paros por Banda	Tiempo promedio de paro en horas	Total tiempo perdido por paros	% de paros por cambio de resistencia
Banda 1	848 horas	30	3,5	105	12,38 %
Banda 2	848 horas	27	3,5	94,5	11,14 %
Banda 3	848 horas	32	3,5	112	13,21 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Imagen de resistencias utilizadas para horno de alta temperatura**



Fuente: *Horno de alta temperatura*. <https://www.google.com.gt/search?=&horno+de+alta+temperatura>. Consulta: noviembre de 2014.

- Principales características
 - La temperatura de trabajo máxima hasta 1 300⁰
 - Vida laboral más larga, y mejor propiedades técnicas
 - Mayor carga de superficie
 - Mayor resistividad
 - Baja densidad
 - libre de óxido de escombros

- Aplicaciones
 - Alta temperatura primavera alambre resistente es ampliamente utilizado en equipos de tratamiento térmico, piezas de automóviles, hierro y fabricación de acero.
 - Industria del aluminio, la metalurgia, petroquímica equipo, vidrio, maquinaria cerámica.
 - Maquinaria de alimentos, maquinaria farmacéutica, industria mecánica, y residencial aparatos.

Figura 17. **Tabla de parámetros básicos de resistencias utilizadas en hornos de líneas de producción**

Kanthal parámetros básicos				
	Kanthal apmtm	Kanthal®		
		A-1	AF	D
La temperatura de trabajo highestcontinuous	1425	1400	1300	1300
La composición química nominal, % CR	22	22	22	22
Al	5.8	5.8	5.3	4.8
Fe	Ingredientes	Ingredientes	Ingredientes	Ingredientes
Ni	-	-	-	-
Densidad , G/cm3	7.10	7.10	7.15	7.25
Expansión térmica coeficientK-1 20-750 ℃	14×10-6	14×10-6	14×10-6	14×10-6
20-1000 ℃	15×10-6	15×10-6	15×10-6	15×10-6
La conductividad térmica 20 ℃, Wm-1K-1	13	13	13	13
Calor específico 20 ℃, KJkg-1K-1	0.46	0.46	0.46	0.46
Punto de fusión ℃	1500	1500	1500	1500
Probablemente características mecánicas				
Resistencia a la tracción , N mm-2	680	680	680	650
El límite elástico , N mm-2	470	475	475	450
Dureza , HV	230	230	230	230
Alargamiento a la rotura,%	20	18	18	18
900 ℃ Resistencia a la tracción, N mm-2	40	34	37	34
Resistencia a la fluencia 800 ℃	11	6	8	6
1000 ℃	3.4	1	1.5	1
Magnética	Magnética (En el temperature600 ℃.)			
Emisividad, la oxidación condiciones	0.70	0.70	0.70	0.70

Fuente: *Parámetros*. https://www.google.com.gt/search?q=horno+ubOAhWfHsAKHbl8B8gQ_AUIBigB&dp r=0.9#imgrc=Q3O5IYDOWjchHM%3a. Consulta: noviembre de 2014.

Figura 18. **Mantenimiento a la caldera**



Fuente: Eurosuelas S. A.

Con el plan piloto que se ha llevado a cabo, se planifican paros para mantenimiento a la caldera, cambio de boquillas, cambio de filtros, mantenimientos. Estos se llevan a cabo generalmente días en que no hay producción, para no restringir el suministro de vapor y por consiguiente interferir en la producción.

3.5. Costos de utilización actual de energía eléctrica

La siguiente tabla muestra el consumo en kWh mensuales de energía eléctrica que tuvo la empresa en los meses de diciembre del 2015 a mayo de 2016.

Tabla X. Consumo de kWh mensuales de energía

Mes	Consumo de energía kWh	Costo Actual de kWh	Costo mensual
1/12/2015	205 652,00	1,1318	Q 232 756,93
1/01/2016	180 569,60	1,1318	Q 204 368,67
1/02/2016	199 215,36	1,1318	Q 225 471,94
1/03/2016	207 794,00	1,1318	Q 235 181,25
1/04/2016	162 515,20	1,1318	Q 183 934,70
1/05/2016	191 149,23	1,1318	Q 216 342,70

Fuente: elaboración propia.

3.6. Factores que determinan el uso de energías alternativas

Dentro de los principales factores que motivan actualmente a considerar seriamente el uso de fuentes de energía alternativa. Se puede mencionar, en primer plano, el costo, conservación del medio ambiente, aumento de beneficios disminuyendo el costo de la energía utilizada.

En el transcurso de los últimos años la tendencia del costo de la energía convencional ha sido creciente. De manera que cada vez se hace más necesario encontrar alternativas que permitan obtener una disminución de costos energéticos con el mismo nivel de eficiencia que los convencionales.

En muchos países se ha puesto en práctica ciertas alternativas, destacándose las hidroeléctricas y generación de energía eléctrica a partir de

biocombustibles. Sin embargo, toda acción humana tiene un impacto ambiental, mayor o menor; pero siempre se produce un impacto, ya sea por la modificación de la biosfera, que en ocasiones modifica también el equilibrio ecológico.

La energía nuclear es una de las fuentes que más esperanzas originó. Inicialmente, por la alta capacidad de producción de energía. Pero siendo una modalidad que exige el dominio de altas tecnologías, es cara su implementación y como tiene altos riesgos ambientales, en muchas partes ha sido combatida y desechada.

Figura 19. **Hidroeléctrica de Chixoy**



Fuente: Hidroeléctrica de Chixoy. www.cnee.gov.gt. Consulta: noviembre de 2014.

La mayoría de los países pobres no pueden costear la construcción de centrales nucleares y tampoco disponen de conocimiento técnico calificado. La materia prima, el uranio, no existe en abundancia en todas partes y las plantas de enriquecimiento del uranio se convirtieron en un tema de debate en materia de seguridad militar, por cuanto desde ellas se pueden producir materiales fisionables como el uranio enriquecido, entre otros.

3.7. Riesgos presentes en el área de Pintura

Debido al uso de resistencias eléctricas, el riesgo de incendio dentro del área analizada es sumamente grande. A esto se debe sumar el uso de solventes químicos inflamables, aumentando exponencialmente el riesgo de ignición y por consiguiente de un siniestro.

3.7.1. Incendio

La industria moderna continúa en expansión sufriendo constantes cambios, haciendo que el manejo del riesgo de incendio sea cada vez más complejo. Los nuevos procesos y productos traen consigo nuevos peligros de incendio y consecuencias de pérdidas, que pueden comprometer daños a la propiedad, paralizaciones de actividades y seguridad de vida. Además de daños medioambientales, daños a la imagen corporativa y futura rentabilidad, y pueden llegar a presentar una amenaza mayor a los objetivos y sobrevivencia de la actividad.

El proceso de evaluar el peligro de incendio de una actividad comprende la identificación de peligros de incendio, el control del fuego y la protección adecuada. Al implementar el sistema de hornos calentados, por medio de vapor los riesgos de incendio, están limitados únicamente a la parte externa de la planta. Es aquí donde se encuentra el tanque de diésel que alimenta la caldera.

3.7.2. Identificación de peligros de incendio

Esta etapa incluye la identificación de fuentes de ignición, materiales combustibles, factores que contribuyen a la coexistencia de fuentes de ignición y combustibles en espacio y tiempo y factores que contribuyen a la propagación

del fuego y puesta en peligro de la vida o la propiedad. El peligro de incendio se refiere a una condición que puede contribuir al inicio o propagación del fuego o a la puesta en peligro de la vida o la propiedad por fuego.

Los peligros de ignición son condiciones bajo la cual algo que puede arder (combustible) está o puede estar demasiado cerca de algo que está caliente (fuente de energía). Los peligros de incendio pueden llevar a considerable daño y someter a personas expuestas a un riesgo indebido. Las cuatro categorías generales de peligros de incendio son ignición, combustibilidad, peligros estructurales de incendio y peligros a las personas.

La ignición es la iniciación de la combustión y se origina con el calentamiento de un combustible por una fuente de calor. Cualquier forma de energía es una fuente potencial de ignición. Combustibilidad es la propiedad que tienen la mayoría de los materiales comunes excepto algunos metales, minerales y el agua, de encenderse y arder.

Hay dos tipos de características estructurales de edificación que constituyen peligros de incendio: las condiciones estructurales que promueven la propagación del fuego y las condiciones que pueden llevar a una falla estructural durante un incendio. La evacuación de los ocupantes es la principal condición de seguridad a la vida en un incendio. Se requieren adecuados medios de salida en los lugares de trabajo. El escape es un espacio de la edificación que provee una vía protegida de trayecto de seguridad.

3.7.3. Control del fuego

Como una forma de unificar criterios y controlar eventuales emergencias producidas por incendios, en la planta de producción. El objeto es controlar los

incendios que pongan en riesgo tanto la salud de la población como la de los trabajadores de su empresa. Por ello, se deben implementar diversas estrategias para disminuir y evitar los siniestros y otras situaciones que afecten la salud laboral.

Por tales motivos se deben controlar los incendios toda planta de producción, debido a los materiales que esta utiliza debería contar con personal capacitado para controlar un principio de incendio.

Para controlar los riesgos de incendios es necesario que todos los empleadores deban capacitar a sus trabajadores en materia de uso de equipos de extinción de incendios. Una alternativa, en materia de combate de incendios estructurales, deben poseer con un grupo seleccionado de colaboradores que se especialicen en combate de incendios.

- Uso de extintores portátiles

Todo trabajador debe tener conocimientos del uso de extintores portátiles, es decir, conocimientos básicos acerca de cómo controlar la ocurrencia de incendios y cómo utilizar los equipos extintores portátiles. Esto para controlar un principio de incendio. Esto como alternativa si no hubiese un equipo especializado en combate contra incendios.

- Brigadas industriales

Todos los proyectos industriales deben considerar las instalaciones de protección contra incendios. Cumpliendo estrictamente las consideraciones de seguridad, respecto al control de incidentes y siniestros, originados por incendios.

Considerando dentro de las actividades pertinentes, los siguientes aspectos:

- Análisis de riesgos.
- Rigurosidad en el diseño de las instalaciones peligrosas.
- Diseños que previenen la ocurrencia de incendios.
- Determinación de cargas de incendio.
- Sistemas de detección y alarmas normalizados.
- Procedimientos de operación normalizados.
- Asistencia en preparación y entrenamiento de personal de emergencia.
- Peritajes de siniestros.

Por lo tanto, la capacitación es un agente permanente de prevención y control en materia de incendios. Así también la mantención de equipos y de los mismos sistemas contra incendios.

Debido a las distintas clases y tipos de fuego, el estar preparado para su control, dependerá exclusivamente de la capacitación sobre todo en la empresa.

Es en las situaciones de alto riesgo cuando se podrá determinar si la capacitación fue la correcta, como si los equipos son los necesarios.

Es entonces necesario saber contra qué se está combatiendo. Se debe conocer los agentes químicos y físicos involucrados, los tipos de combustibles, notificar a bomberos del tipo de materiales peligrosos que se tienen dentro de la empresa.

Por consiguiente, conocer los agentes extintores para las diferentes clases de fuegos permitirá que el control de este sea más rápido y eficaz:

- Fuego clase A: agua polvo químico triclase.
- Fuego clase B: polvo químico triclase espuma anhídrido carbónico hidrocarburos halogenados.
- Fuego clase C: polvos químicos anhídrido carbónico.
- Fuego clase D: equipos y extintores especiales.

En la actualidad muchas empresas se hacen capacitar por empresas externas o directamente por bomberos. Por lo tanto, no se debe olvidar de los siguientes puntos que son de suma importancia en la identificación y en la prevención y el control de incendios.

- Medidas para aplicar en el área circundante en caso de accidente de la industria.
- Medidas de emergencia para socorrer a posibles víctimas de accidentes industriales.
- Preparación de cartillas de alerta para distribuir en el interior de la industria que permitan prevenir accidentes humanos y ambientales por la manipulación de materiales.

De esto se desprende que no solo la preocupación es la empresa como material, sino que también las personas que participan de ella. Además de las que rodean a la empresa (hogares, colegios, y otros). Estos se verán afectados en caso de un incendio, ya sea directamente por el fuego como por emanaciones tóxicas.

3.7.4. Protección adecuada

Para una protección del colaborador adecuada se entiende por EPI, cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador. Esto para que lo proteja de uno o más riesgos que puedan amenazar su seguridad y su salud, así como cualquier complemento destinado al mismo fin.

Los EPI son elementos de protección individuales del trabajador, muy extendidos y utilizados en cualquier tipo de trabajo. La eficacia depende, en gran parte, de su correcta elección y de un mantenimiento adecuado del mismo.

- Protectores de la cabeza
 - Cascos de seguridad (obras públicas y construcción, minas e industrias diversas).
 - Cascos de protección contra choques e impactos.
 - Prendas de protección para la cabeza (gorros, gorras, sombreros, y otros de tejido y de tejido recubierto).
 - Cascos para usos especiales (fuego, productos químicos, entre otros).

- Protectores del oído
 - Protectores auditivos tipo tapones.
 - Protectores auditivos desechables o reutilizables
 - Protectores auditivos tipo orejeras, con arnés de cabeza, bajo la barbilla o la nuca.
 - Cascos antiruido

- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección para la industria.
- Protectores auditivos dependientes del nivel.
- Protectores auditivos con aparatos de intercomunicación.

- Protectores de los ojos y de la cara
 - Gafas de montura universal.
 - Gafas de montura integral (uni o biocular).
 - Gafas de montura cazoletas.
 - Pantallas faciales.
 - Pantallas para soldadura (de mano, de cabeza, acoplables a casco de protección para la industria).

Los EPI se utilizarán cuando los riesgos no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente. Esto por medios técnicos tales como la protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo, y queden aún una serie de riesgos de cuantía significativa.

3.8. Seguridad industrial en el área

Los hornos eléctricos que se usan para el área de Pintura deben emplearse solamente por operadores capacitados. Los peligros de los hornos eléctricos incluyen choques eléctricos, quemaduras e incendios. Se puede asegurar la seguridad si se instalan y operan adecuadamente, se ubican, se operan y se mantienen de manera apropiada. Otros peligros asociados con los hornos eléctricos incluyen:

- Revestimientos refractarios de fibras de cerámica (RCF, por sus siglas en inglés), (incluyendo asbesto en los hornos antiguos).
 - Gases que pueden despedirse durante algunos ciclos del calentamiento.
- La seguridad con la electricidad

Antes de instalar un horno eléctrico, el sistema eléctrico debe inspeccionarse y comprobarse por los electricistas de la empresa. Esto para determinar si es seguro y si puede satisfacer las demandas de potencia requeridas del horno.

- Operación segura

Los hornos eléctricos deben usarse solamente por operadores capacitados quienes conocen procedimientos seguros de trabajo, uso correcto de los controles y mecanismos de seguridad. Ellos son capaces de reconocer peligros y encargarse de emergencias.

Para asegurar suficiente personal en la ausencia del operador normal, dos o más personas deben ser capaces de operar los hornos de secado. Ellos deben estar familiarizadas con procedimientos de emergencia.

- Gases

Se mantiene ventilación, en general, alrededor de los hornos para proporcionar aire fresco con el fin de mantener un entorno de trabajo saludable. Se puede crear la ventilación naturalmente (o sea, por las puertas, ventanas, etc) o mecánicamente (utilizando un ventilador para suministrar aire). La

ventilación natural depende de la presión del viento y diferencias en temperatura, mientras la ventilación mecánica es controlable.

- Manejo manual

Por la naturaleza del producto siendo horneado para que se seque, el meterlo y sacarlo del horno tal vez represente un peligro. Los operadores capacitados necesitarán considerar, tanto las cargas que se manejan durante esas operaciones, como la cantidad de movimientos que hay que hacer. Donde es posible, se deben usar carritos para transportar producto por las instalaciones y para levantar cargas pesadas. Todos los empleados involucrados en el manejo manual de objetos pesados reciben capacitación adecuada para prevenir lesiones.

Figura 20. **Aplicación de barniz**



Fuente: Eurosuelas S. A.

El plan de seguridad industrial de Eurosuelas busca cumplir las normas nacionales vigentes. Esto es asegurando las condiciones básicas necesarias de infraestructura que permitan a los trabajadores tener acceso a los servicios de higienes primordiales.

Además, este plan está enfocado en mejorar las condiciones de trabajo de sus empleados, haciendo su labor más segura y eficiente. Se reducen los incidentes, brindando un equipo de protección personal indispensable y capacitando en procedimientos y hábitos de seguridad.

3.8.1. Objetivos de la seguridad industrial

- Dar a conocer la política de salud ocupacional y seguridad para la prevención de accidentes y control de riesgos.
- Incentivar al personal de la empresa a realizar sus actividades de manera segura, mediante el uso adecuado de equipo de seguridad personal.
- Mantener un buen nivel de salud ocupacional del personal.
- Preparar personal para que, en caso de una emergencia, se tomen la medidas necesarias.
- Dar condiciones seguras a los trabajadores en todos los lugares donde se estén desarrollando actividades que impliquen cierto riesgo.

3.8.2. Plan estratégico

Es un programa de actuación que consiste en aclarar lo que se pretende conseguir y cómo se propone conseguirlo. Esta programación se plasma en un documento de consenso donde se concretan las grandes decisiones que van a orientar nuestra marcha hacia la gestión excelente.

Trazar un mapa de la organización, que señale los pasos para alcanzar nuestra visión. Convertir los proyectos en acciones (tendencias, metas, objetivos, reglas, verificación y resultados).

En su forma más simple, un plan estratégico es una herramienta que recoge lo que la organización quiere conseguir para cumplir su misión y alcanzar su propia visión (imagen futura). Entonces ofrece el diseño y la construcción del futuro para una organización, aunque este futuro sea imprevisible. El plan estratégico define también las acciones necesarias para lograr ese futuro. Entonces dicho plan es una apuesta de futuro y por eso el futuro no hay que preverlo sino crearlo. El objetivo de la planificación debería ser diseñar un futuro deseable e inventar el camino para conseguirlo.

Para asegurar el éxito de este plan, de seguridad industrial y salud ocupacional, se realizarán las actividades a continuación descritas:

- Se utilizarán medios para la difusión del presente plan.
- Se realizará una adecuada señalización dentro de las cuales se deba utilizar equipo de protección personal (EPP).
- Se realizará capacitación al personal en aspectos importantes en cuanto a primeros auxilios y otros.

3.8.3. Uso de equipo de protección personal (EPP)

El equipo de protección personal (EPP) es un equipo especial que se usa para crear una barrera entre el cuerpo y los posibles accidentes laborales u ocupacionales. Esta barrera reduce la probabilidad de tocar y por consiguiente exponerse a heridas leves o graves. Esto en circunstancias que pongan en riesgo la salud de cualquier empleado.

Para que la seguridad del personal se mantenga, debe haber un control muy estricto en cuanto al uso de EPP dentro de las zonas que así lo requieran. El EPP debe cumplir con las normas internacionales o su equivalente y debe ser obligatorio su uso durante las horas de trabajo.

3.8.3.1. Guantes

Deberán utilizarse siempre, durante las actividades que impliquen algún tipo de riesgo en las manos y cuando se utilice elementos de carácter peligroso, irritante o tóxico.

Figura 21. **Guantes de látex**



Fuente: *Top seguridad industrial*. [https://www.google.com.gt/search?q=guantes+de+latex &espv=2&biw=750&bih=710&source=](https://www.google.com.gt/search?q=guantes+de+latex+&espv=2&biw=750&bih=710&source=). Consulta: noviembre de 2014.

3.8.3.2. Mascarillas

Este tipo de protección deberá utilizarse cuando exista la presencia de partículas que puedan afectar las vías respiratorias o vapores que sean tóxicos. Estos aunque sean de la procedencia que sean, siempre siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Figura 22. **Mascarilla**



Fuente: *Top seguridad industrial*. <https://www.google.com.gt/search?q=guantes+de+latex &espv=2&biw=750&bih=710&source=>. Consulta: noviembre de 2014.

3.8.3.3. **Lentes**

Se utilizarán durante cualquier trabajo que implique riesgo y peligro de lesión en los ojos. En lugares donde se trabaje con amoladoras, pulidoras, y toda máquina que expulse esquirlas a gran velocidad. También para el manejo de químicos corrosivos cuyos vapores pueden lastimar el sentido de la vista.

Figura 23. **Lentes de protección**



Fuente: *Top seguridad industrial*. <https://www.google.com.gt/search?q=guantes+de+latex &espv=2&biw=750&bih=710&source=>. Consulta: noviembre de 2014.

3.8.3.4. Señalización de seguridad

El objetivo primordial es establecer una nomenclatura de señalización para atención de riesgos, emergencias o desastres. Esto debe basarse en el significado exacto de colores y formas geométricas existentes

Se deben establecer los mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres. Esto a través de la coordinación de equipos de trabajo y la capacitación pertinente al equipo de trabajo.

La señalización de seguridad se establecerá con el propósito de indicar la existencia de riesgos y las medidas a adoptar ante los mismos. Así como determinar el emplazamiento de dispositivos y equipos de seguridad y demás medios de protección.

La señalización de seguridad no sustituirá en ningún caso la adopción obligatoria de las medidas de prevención, colectivas o personales necesarias para la eliminación de riesgos existentes. Estas serán complementarias a las mismas.

La señalización de seguridad se empleará de manera que el riesgo que se esté indicando sea fácilmente advertido o identificado. Además todo el personal debe ser instruido en cuanto a la colocación de toda señal, su significado y situación por la cual se está implementando.

Figura 24. **Código de colores en la señalización industrial**

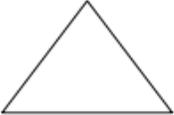
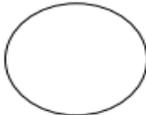
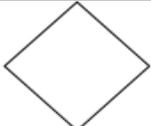
COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	INDICACIONES Y PRECISIONES
ROJO Cod. FF000	Paro	Detener la marcha en algún lugar
	Prohibición	Señalamientos para prohibir acciones específicas.
	Material, equipo y sistemas para combate de incendios	Ubicación y localización de los materiales y equipos para el combate de incendios.
AMARILLO Cod. FFFF33	Advertencia de peligro	Atención, precaución, verificación e identificación situaciones peligrosas.
	Delimitación de áreas	Límites de áreas restringidas o de usos específicos.
	Advertencia de peligro por radiaciones ionizantes	Señalamiento para indicar la presencia de material radiactivo.
Verde Cod. 009900	Condición segura	Identificación y señalamientos para indicar salidas de emergencia, rutas de evacuación, zonas de seguridad y primeros auxilios, lugares de reunión, regaderas de emergencia, lavaojos, entre otros.
AZUL Cod. 000099	Obligación, información	Señalamientos para realizar acciones específicas. Brindar información para las personas

Fuente: *Guía de señalización de ambientes y equipos de seguridad*. http://conred.gob.gt/www/documentos/guias/Guia_Senalizacion_Ambientes_Equipos_Seguridad.pdf. Consulta: noviembre de 2014.

3.8.3.5. **Formas geométricas utilizadas para la señalización de ambientes y equipos de seguridad**

El complemento para manejar un estándar con los colores de seguridad y sus contrastes son las formas geométricas. Estas facilitan el entendimiento de un color de seguridad. Las formas que se utilizan son:

Figura 25. **Formas geométricas utilizadas para la señalización de ambientes y equipos de seguridad**

Objetivo	Forma Geométrica	Señal
Proporcionar Información sobre algún objeto, identificación de materiales, o realizar una acción indicada en la figura.		Información
Advertir un Peligro		Prevención
Prohibir una acción susceptible de provocar un riesgo		Prohibición
Exigir una acción determinada		Obligación
Identificar la presencia de Materiales Peligrosos en transporte		Materiales Peligrosos en transporte

Fuente: *Guía de señalización de ambientes y equipos de seguridad*. [http://conred.gob.gt/www/documentos/guias/ Guia_Senalizacion_Ambientes_Equipos_Seguridad.pdf](http://conred.gob.gt/www/documentos/guias/Guia_Senalizacion_Ambientes_Equipos_Seguridad.pdf). Consulta: noviembre de 2014.

4. PROPUESTA PARA LA MEJORA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DENTRO DEL ÁREA DE PINTURA

El uso de energía eléctrica como fuente motriz para una planta de trabajo representa un gasto significativo que se ve reflejado en los costos de producción, por lo cual se ha ideado un proyecto consistente en el adecuamiento de una caldera generadora de vapor a base de bunker, para alimentar 4 hornos de secado de barniz aplicado a suelas de poliuretano que actualmente funcionan con resistencias eléctricas.

El uso de vapor para alimentar los hornos de secado, se tiene previsto que genere una temperatura adecuada para el uso necesario, sin tener fluctuaciones de temperatura como actualmente se tienen, debido a que el suministro de vapor será constante al igual que la temperatura que necesitan los hornos.

Se tiene contemplado instalar tubería de 2 plg desde la caldera hasta los hornos que alimente el suministro de vapor; un tubo principal que saldrá de la caldera hasta un *manifol* o colector de donde saldrán las divisiones de tubería de 1 plg a cada horno; donde cada horno contara con un termo *switch* que permita mantener constante la temperatura del horno, es decir que al alcanzar su temperatura óptima el termo *switch* se cierra y restringe el paso de vapor.

4.1. Consumo eléctrico vs consumo diésel

Tomando en consideración el consumo de electricidad que representa el uso de hornos a base de resistencias eléctricas y todos las posibles

adversidades que representa el uso de éste sistema, entiéndase paros por mantenimiento, costo de repuestos, mano obra, disminución de la producción, mermas en la producción y lo principal, el alto costo del uso de energía eléctrica sumado a la dependencia de energías convencionales versus el uso de vapor generado a partir de una caldera funcionando con diésel, lo cual, en óptimas condiciones representa un significativo ahorro, esto en cuanto a temas de gasto de diésel para mantener la funcionalidad de la caldera.

Es necesario tomar en cuenta las necesidades básicas que representa el uso de un sistema de alimentación de energía calorífica diferente a las convencionales. En este caso corresponde verificar que la caldera como tal funcione de manera correcta, que el quemador esté funcionando de la manera correcta. El fin es que la mezcla sea la correcta y que la llama genere la temperatura correcta.

Además es necesario que la red de distribución de vapor esté diseñada de manera que se pueda hacer más eficiente el uso de vapor. De igual manera evitar pérdidas que generen mayor gasto de combustible y por consiguiente se eleve el costo de operación de la caldera.

Figura 26. **Recubrimiento de tubería**



Fuente: Eurosuelas S. A.

4.1.1. Consumo eléctrico

El consumo de electricidad es directamente proporcional a la cantidad de hornos de secado existentes en el área de pintura. Por lo tanto se toman en consideración las 3 bandas transportadoras que a lo largo de su extensión tienen ubicados dichos hornos de secado. Estos funcionan a base de resistencias eléctrica. En la primera banda transportadora existen 6 hornos de secado, en la segunda banda transportadora también cuenta con 6 hornos de secado y la tercera banda cuenta con 8 hornos de secado. Donde cada horno utiliza 3 resistencias eléctricas teniendo como resultado el siguiente consumo de energía eléctrica para el área de Pintura:

Tabla XI. **Tabla de consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 1**

BANDA 1	AMPERAJE			Tablero trifásico 240 Voltios	POTENCIA CONSUMIDA EN WATT
	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3		
HORNO 1	9,87	5,7	5,85	240	5 140,8
HORNO 2	5,91	6,53	11,08	240	5 644,8
HORNO 3	9,72	5,77	5,8	240	5 109,6
HORNO 4	6,28	6,12	10,72	240	5 548,8
HORNO 5	7,28	6,07	12,32	240	6 160,8
HORNO 6	9,8	5,94	6	240	5 217,6
HORNO 7	6,21	5,99	10,02	240	5 332,8
TOTAL					38 155,2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Tabla de consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 2**

BANDA 2	AMPERAJE			Tablero trifásico 240 Voltios	POTENCIA CONSUMIDA EN WATT
	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3		
HORNO 1	8,87	5,48	10,9	240	6 060
HORNO 2	6,12	5,9	11,74	240	5 702,4
HORNO 3	11,4	6,54	5,41	240	5 604
HORNO 4	5,32	6,29	9,27	240	5 011,2
HORNO 5	6,22	5,14	11,62	240	5 515,2
HORNO 6	6,18	10,58	5,81	240	5 416,8
TOTAL					3 3309,6

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Tabla de consumo eléctrico en el Departamento de Pintura banda 3**

BANDA 3	AMPERAJE			Tablero trifásico 240 Voltios	POTENCIA CONSUMIDA EN WATT
	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3		
HORNO 1	11,46	5,48	6,06	240	5 520
HORNO 2	6,21	6,38	10,97	240	5 654,4
HORNO 3	5,93	6,01	5,41	240	4 164
HORNO 4	5,23	6,85	9,98	240	5 294,4
HORNO 5	7,38	5,08	11,93	240	5 853,6
HORNO 6	10,1	5,28	6,36	240	5 217,6
HORNO 7	6,25	6,09	10,58	240	5 500,8
HORNO 8	5,21	11,05	6,54	240	5472
TOTAL					42 676,8

Fuente: elaboración propia.

Tomando en consideración, las tres bandas transportadoras funcionando en una jornada laboral de 12 horas diarias de lunes a viernes, da como resultado total de:

Tabla XIV. **Jornada laboral de 12 horas**

Área de pintura	Cantidad de Hornos	Total de potencia por banda en kWatt	Q/kWh	Quetzales por hora	Jornada 12 horas	20 Días trabajados
Línea 1	6	38,1552	1,1318	Q 43,18	Q 518,21	Q 10 364,17
Línea 2	6	33,3096	1,1318	Q 37,70	Q 452,40	Q 9 047,95
Línea 3	8	42,6768	1,1318	Q 48,30	Q 579,62	Q 11 592,38
Totales					Q 1,550,23	Q 31 004,51

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto mantener funcionando los 20 hornos le tiene un costo a la empresa de Q 31 004,51. La demanda energética aumenta directamente proporcional al crecimiento de la empresa y a la demanda que presentan sus productos. Por lo tanto una manera de disminuir dicha demanda de energía es buscar soluciones que se adapten a los procesos establecidos y cumplan los requisitos deseados de manera óptima.

4.1.2. Consumo de diésel

Con el uso de una caldera para generación de vapor, el consumo de diésel representa una baja considerable en los costos de producción. Esto en comparación con el uso de energía eléctrica, se reduce el costo.

Figura 27. Costo actual de diésel en Guatemala

Producto	Monitoreo Anterior: 23 de mayo 2016	Monitoreo Actual: 30 de mayo 2016	Diferencia
Superior	22.51	22.13	-0.38
Regular	21.00	20.65	-0.34
Diésel	16.79	16.29	-0.50

Fuente: Ministerio de Energía y Minas Guatemala. http://conred.gob.gt/www/documentos/guias/costo_actuales_de_diésel_en_Guatemala.pdf. Consulta: noviembre de 2014.

Dentro de los cálculos realizados con la caldera que alimentara los hornos, se obtuvo el consumo diario de diésel y este fue de 50 galones en una jornada de veinticuatro horas. Teniendo un costo actual del galón de diésel de Q 16,29

se obtiene un costo diario de mantener funcionando la caldera de Q 814,5. Además se toma en cuenta que el área de Pintura de la empresa solamente trabaja en una jornada de 12 horas esto reduce la asignación de consumo a 25 galones de diésel mientras el área de Pintura opera teniendo como resultado un costo de Q 407,25 diarios y por los 20 días laborados promedio mensual se obtiene un costo total de Q 8 145.00.

Tabla XV. **Análisis comparativo de consumo eléctrico y consumo diésel**

Consumo eléctrico	Consumo diésel
Q 31 004,51	Q 8 145,00

Fuente: elaboración propia.

En conclusión a lo anteriormente expuesto, la reducción de costo por consumo eléctrico comparado con el consumo de diésel es de Q 22 859,51 un 73,72 %. Tomando en consideración el uso de hornos a base de resistencias eléctricas *versus* el uso de vapor generado por medio de una caldera de combustible diésel para alimentar dichos hornos, se calculó el costo de cada opción en la tabla anterior.

4.2. Capacidad de producción de los hornos de secado

Los hornos de secado trabajan a una temperatura de 80 °C por ello, la banda transportadora que conduce las suelas, a través de los hornos viaja a una velocidad constante que permite a las suelas permanecer bajo la intensidad del calor de los hornos durante ocho o nueve segundos. Este es tiempo suficiente para que la suela pueda secar el recubrimiento de barniz que se le aplica.

Los hornos son alimentados por 6 operarios que están ubicados a los costados de la banda transportadora en la misma cantidad de cabinas de pintura en donde manualmente aplican el barniz, por medio de una pistola de aire. Cada operario tiene una producción aproximada de 50 suelas por hora. Esto se transforma en una producción de 300 suelas por hora que los hornos tienen la capacidad de aplicar calor.

4.3. Poder calorífico de combustibles varios

El poder calorífico es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación. La cantidad de calor liberada por la combustión de la unidad de volumen o peso de un combustible se denomina su poder calorífico o potencia calorífica.

El poder calorífico expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre un combustible y el carburante y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible (energía de enlace), menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formadas en la combustión.

La magnitud del poder calorífico puede variar según como se mida. Según la forma de medir se utiliza la expresión poder calorífico superior (PCS) y poder calorífico inferior (PCI).

La mayoría de los combustibles más utilizados son compuestos de carbono e hidrógeno, que al entrar en combustión se combinan con el oxígeno formando dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) respectivamente. Cuando se investigó científicamente el proceso de la combustión, se consideró que para el buen funcionamiento de calderas, es necesario que los gases quemados salgan

por el conducto de humos a una cierta temperatura mínima. Esto para generar el tiro térmico necesario para un buen funcionamiento. Esta temperatura está por encima de los 100 °C por lo que el agua producida no se condensa, y se pierde el calor latente o calor de cambio de estado.

Por ello, se usa la denominación poder calorífico superior para el calor verdaderamente producido en la reacción de combustión. El poder calorífico inferior es para el calor realmente aprovechable; el producido sin aprovechar la energía de la condensación del agua y otros procesos de pequeña importancia.

La mayor parte de las calderas y los motores suelen expulsar el agua formada en forma de vapor, pero actualmente existen calderas de condensación que aprovechan el calor de condensación. Esto con rendimientos mucho más altos que las tradicionales, superiores al 100 % del PCI, pero siempre inferiores al 100 % del PCS.

Sin embargo, para condensar el vapor, no pueden calentar el agua a más de unos 70 °C lo que limita sus usos. Además, solamente pueden usarse con combustibles totalmente libres de azufre para evitar condensaciones ácidas; por falta de temperatura suficiente. Por lo tanto, por falta de tiro térmico, en estas calderas la evacuación de los gases debe hacerse por medio de un ventilador.

4.3.1. Análisis de alternativas combustibles

Las alternativas de combustibles son:

- Etanol: es una alternativa basada en alcohol, que se obtiene al fermentar y destilar ciertas semillas como lo son maíz, cebada o trigo. Esto puede

ser mezclado con gasolina para incrementar su octanaje y mejorar la calidad de las emisiones.

- Positivo: se utilizan materiales renovables.
- Negativo: los subsidios de etanol tienen un impacto negativo en los precios de los alimentos y su disponibilidad.
- Gas natural: es un combustible se quema limpiamente y está disponible casi en cualquier parte.
 - Positivo: los motores diseñados para consumir gas natural producen menos contaminación.
 - Negativo: la producción de gas crea metano, gas que es 21 veces más contaminante que el CO_2 para el calentamiento global.
- Propano: también conocido como gas licuado de petróleo (GLP); es un subproducto del procesamiento de gas natural y refinación de petróleo. Ampliamente usado para calentar.
 - Positivo: produce menos emisiones que la gasolina. Existe una gran red de transporte, almacenamiento y distribución para este producto.
 - Negativo: en su producción también se genera metano.
- Biodiésel: es un combustible alternativo basado en grasas vegetales o animales, aún aquellas recicladas de restaurantes que se han usado para cocinar. Además se incluyen aceites fósiles usados para lubricación de motores y de maquinaria industrial (comunmente conocido como

aceite quemado). Puede mezclarse con diésel y usarse en motores no modificados.

- Positivo: es seguro, biodegradable, reduce los contaminantes del aire, macropartículas, monóxido de carbono e hidrocarburos.
 - Negativo: limitantes en cuanto a su producción y distribución.
- Combustibles sólidos: carbón, cartón, madera, aserrín entre otros. Son combustibles sólidos utilizados para alimentar una caldera. Son usados por su bajo costo y fácil combustión, pero la disponibilidad es el factor que dificulta su uso continuo.
 - Positivo: bajo costo, fácil combustión
 - Negativo: se generan sólidos en suspensión

Tabla XVI. **Poder calorífico de determinados combustibles**

Combustible	Densidad	Poder Calorífico MJ/Kg
Gasolina	0,73 g/ml	42,5
Diesel	0,85 g/cm ³	43,0
Biodiesel	0,88 g/cm ³	37,2
Gas natural		34,6

Fuente: *Poder calorífico de determinados combustibles*. [http://www. redproteger.com.ar/poder_calorifico.htm](http://www.redproteger.com.ar/poder_calorifico.htm). Consulta: marzo de 2015.

4.4. Producción estimada de vapor por medio de una caldera

La producción de vapor que puede generar una caldera está determinada por su caballaje (hp) multiplicado por la constante 34,5 lbs/hora.

Hay 2 diferentes formas de medir la eficiencia de la caldera:

- Con base en los gases de combustión que salen por la chimenea.
- Con base en la proporción energética entre el calor generado por el quemado de combustible y el calor entregado al vapor para el cambio de fase.

Para el primer caso se necesita de un equipo particular, y puede ser difícil obtener.

Para el segundo caso:

- Energía necesaria para la evaporación de agua:

En la caldera seguramente hay un manómetro o un termómetro (apuesto por el primero). Si es un manómetro está diciendo la presión que hay dentro de la caldera, esta presión es la presión a la que se está evaporando el agua. Para que el agua se evapore a una presión determinada se necesita una cantidad de energía determinada. Esa energía se obtiene a través de tablas de vapor. En la tabla se busca la presión de trabajo de la caldera y se revisa el salto energético necesario para pasar de líquido a vapor (Delta H vaporización). Este dato será H_{vap} .

Lo siguiente es conocer el caudal de vapor que se está utilizando. Hay diferentes formas. Suponiendo que el sistema de calefacción es un circuito cerrado.

- Que la caldera de vapor tenga caudalímetro
- Que la vuelta de condensado tenga caudalímetro
- Que la salida de condensado puede utilizarse para realizar mediciones

Si se pudo medir el caudal de vapor se llamará W_{vap} , si se mide el condensado es necesario sumar el volumen de líquido que se pierde en las purgas de la caldera.

Luego:

Calor usado para evaporar el agua:

$$Q_{vap} = H_{vap} * W_{vap}$$

Es importante que H_{vap} y W_{vap} se encuentren en unidades compatibles: (Kcal/Kg * Kg/h, luego Q estará en Kcal/h)

Lo siguiente es saber el calor que genera el combustible, hay varias formas:

- Usar el caudal nominal del quemador de la caldera y multiplicarlo por el factor que representa el tiempo en que el quemador esta encendido (siempre menor que 1 o igual a 1). Esto suele estar expresado en Nm^3 .
- Se revisa la boleta de combustible de varios meses, en caso de que la caldera use un combustible separado del resto de las instalaciones.

Al caudal de combustible se llama W_{comb} .

Dependiendo del combustible será el calor de combustión. Es necesario investigar el valor de combustión del material que se esté utilizando.

Este calor se llama Hcomb.

Luego, el calor total por unidad de tiempo del combustible será:

$$Q_{\text{comb}} = W_{\text{comb}} \cdot H_{\text{comb}}$$

Por último la eficiencia energética será:

$$\text{Eficiencia} = Q_{\text{vap}} / Q_{\text{comb}}$$

4.5. Cálculos de producción de vapor y poder calorífico

La caldera que alimenta los hornos es una caldera marca Columbia de 15 hp. Por ello, se puede estimar la producción de vapor por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Producción de vapor} = 15 \text{ Hp} \times 34,5 \text{ lbs/hora}$$

$$\text{Producción de vapor} = 517,5 \text{ libras/hora}$$

El balance térmico de reacción para determinado combustible tomando 15 °C y los productos de la combustión gaseosos a dicha temperatura refleja la potencia calorífica inferior. Mientras que si se condensa el vapor de agua a 15 °C se alcanza la potencia calorífica superior.

La diferencia entre estos valores significa el calor de condensación del agua a 15 °C, que 588 Kcal por Kg de agua o bien 473 Kcal por m³ de vapor de

agua 0 °C o 447 Kcal/m³ de vapor de agua a 15 °C. De preferencia a 0 °C por concordar sensiblemente con la temperatura ambiente.

- Poder calorífico superior: se define suponiendo que todos los elementos de la combustión son tomados a 0 °C y los gases de combustión son llevados también a 0 °C después de la combustión por lo que el vapor de agua estará totalmente condensado.

Poder calorífico inferior: este considera el vapor de agua contenido en los gases de combustión no condensada. Por lo tanto, no hay aporte adicional de calor por condensación del vapor de agua, solo se podrá disponer del calor de oxidación del combustible, al cual por definición se le denomina poder calorífico inferior del combustible. Derivado de lo anterior se da la siguiente relación entre los poderes caloríficos:

$$PCI = PCS - 597 XG$$

Donde

PCI = poder calorífico inferior (Kcal/Kg)

PCS = poder calorífico superior (Kcal/Kg)

597 = calor de condensación del agua a 0 °C (Kcal/Kg agua)

G = porcentaje de peso del agua formada por la combustión de H₂ más la humedad propia del combustible (Kg agua / Kg).

$$G = 9H + H_2O$$

Donde

9 = son los kilos de agua que se forman al oxidar un kilo de hidrogeno.

H = porcentaje de hidrogeno contenido en el combustible.

H₂O = porcentaje de humedad del combustible.

Por lo tanto la ecuación anterior queda definida así:

$$PCI = PCS - 597 \times (9H + H_2O)$$

4.6. Sistema de vapor

El término de generador de vapor está siendo utilizado en la actualidad para reemplazar la denominación de caldera. Este indica al conjunto de equipos compuestos por: horno, cámaras de agua (o evaporador), quemadores, sobre calentadores, recalentadores, economizador y precalentado de aire.

Las calderas son dispositivos de ingeniería diseñados para generar vapor saturado (vapor a punto de condensarse) debido a una transferencia de calor, proveniente. Esto de la transformación de la energía química del combustible mediante la combustión, en energía utilizable (calor), y transferirla al fluido de trabajo (agua en estado líquido), el cual la absorbe y cambia de fase (se convierte en vapor). El término de caldera ha sido por mucho tiempo utilizado y los dos términos se usan indistintamente.

Es común la confusión entre los términos de caldera y generador de vapor, pero la diferencia es que el segundo genera vapor sobrecalentado (vapor seco) y el otro genera vapor saturado (vapor húmedo). La producción de vapor a partir la combustión de combustibles fósiles se utiliza en todo tipo de industrias de transformación de materias primas y en las centrales termoeléctricas.

4.7. Circuito de aire de combustión

Este circuito es el sistema que se encarga de suministrar el aire, para que junto al combustible, se realice la combustión. Pero este aire a su paso tiene que atravesar unas series de equipos de recuperación de calor, encargados de absorber la energía que pudieran arrastrar hacia la chimenea los humos, el vapor y el condensado (ya utilizados) antes de ser tratado nuevamente.

A continuación se describe el recorrido del aire solo por ramal o lado, porque el otro es simétrico. Se especifican las características principales de los equipos que atraviesa a su paso el aire, rumbo al hogar de la caldera para la combustión. Este comienza por :

- Ventilador de tiro forzado (VTF): es un ventilador centrífugo que toma el aire de la atmósfera a 30 °C y lo succiona para descargarlo en un ducto cuadrado de metal a cierta presión baja en mmca (milímetro de columna de agua) para que llegue al hogar.
- Calentador de aire con condensado (CAC): son varios paneles compuesto cada uno por un colector (entrada de condensado) superior, unido a otro similar colector inferior (de descarga) mediante tubos con aletas, para una mejor transferencia de calor entre el condensado en su interior y el aire que pasa entre los tubos con aletas.

4.8. Circuito de gases de combustión

Al quemarse la mezcla combustible-aire en el hogar de la caldera o zona de radiación (figura 13), se forman los humos o gases de combustión. Estos son conducidos a través de la caldera (por toda la zona de convección), desde

el hogar por el paso ascendente (primer paso vertical), luego pasa al tiro horizontal (paso horizontal) y por último recorre el paso descendente (segundo paso vertical). En su recorrido los gases de combustión le transmiten su calor a los sobre calentadores, recalentador, economizador y precalentador de aire.

4.9. Costos totales

El costo de los diferentes derivados del petróleo sufren alzas en su precio. Esto debido a la excedente demanda que tienen en el mundo entero así como a su cada vez mayor, escases. En el país el incremento en su costo se refleja casi de manera simultánea que en el resto del mundo. Cuando, según las autoridades pertinentes, debería reflejarse con por lo menos tres semanas de retraso.

Según distribuidores de hidrocarburos, los precios locales deben fijarse en función de los precios internacionales de hidrocarburos y no en función del precio del petróleo crudo. En conclusión se mencuanan de mercados paralelos los cuales se ven afectados por costos de flete e impuestos, costos que incrementan el valor de venta final.

Actualmente al costo de los combustibles se incluyen dos gravámenes que se detallan a continuación:

- 12 % del impuesto al valor agregado (IVA).
- Impuesto de distribución; para gasolina superior es de Q 4,70 por galón, Q 4,60 para gasolina regular y Q 1,3 para el diésel. Para una caldera se utilizan combustibles de petróleo núm. 2, y combustibles de petróleo núm. 6, los cuales son más conocidos como diésel y bunker

respectivamente. El costo de mantener en funcionamiento la caldera se determina, por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Costo} = (\text{gal/hr}) * P$$

Donde

Costo = costo por hora en función del consumo de combustible

Gal / hr = valor indicado en tabla núm. I según el tipo de combustible

P = precio de un galón de combustible en el mercado local

4.9.1. Tuberías

Son conductos cilíndricos de material, diámetro y longitud variable. La tubería tiene dimensiones normalizadas y se identifican según la medida de su diámetro exterior así como por su espesor, el cual se define por el número de cédula. Existe una equivalencia entre el número de cédula y la terminología de peso estándar:

$$\text{SCH 40} = \text{Peso estándar (S)}$$

$$\text{SCH 80} = \text{Peso extrafuerte (XS)}$$

$$\text{SCH 160} = \text{Peso doble extrafuerte (XXS)}$$

El número de cédula está relacionado con la presión de diseño de la tubería. En Euroselas se utiliza tubería cédula 40, de las clases de tubería por resistencia a la presión de American Standards Association (ASA) se tiene que:

Tabla XVII. **Número de cédula para tuberías de vapor**

ASA Pressureclass (psi)	Presión equivalente	No. De cédula
< 250	< 17	40
300 - 600	20 - 40	80
900	60	120
1500	100	160
2500 (1/2 plg – 6 plg)	170 (1/2 plg – 6 plg)	XXS
2500 (> 8 plg)	170 (> 8 plg)	169

Fuente: Erurosuelas S. A.

4.9.2. Análisis comparativo

La aplicación de una mejora en la eficiencia energética es atribuible a las recomendaciones asociadas a las buenas prácticas. En particular al reemplazo o mejora del funcionamiento de equipos está en función de la eficiencia de las unidades involucradas. Así como su capacidad de los mismos, sus horas de operación y las condiciones bajo las cuales se encuentran en funcionamiento.

4.9.3. Incremento de la capacidad instalada

Al entablar de capacidad instalada se refiere a la disponibilidad de infraestructura necesaria para producir determinados bienes o servicios. Su magnitud es una función directa de la cantidad de producción que pueda suministrarse.

En este caso se dispone de la energía que ya no será utilizada para alimentar los hornos, energía eléctrica que puede utilizarse en función del crecimiento de la empresa.

Se contempla la instalación de una nueva línea de producción contigua a la existente. Esta contará con el mismo número de cabinas de pintura, brindando una producción diaria similar a la existente.

4.10. Propuesta de inversión para la mejora energética

Para llevar a cabo la propuesta se evaluará la posible compra de tres diferentes hornos de secado que funcionen con vapor. Para ello se cotizó en el mercado tres compras potenciales a las cuales se les realizará las evaluaciones siguientes:

- Análisis costo/beneficio (UB)

La importancia del análisis costo/beneficio radica en:

- El análisis de C B puede ser utilizado cuando se necesite de una decisión, y no está limitado a una disciplina académica o campo en particular, o proyecto privado o público.
- Presenta tanto los costos como los beneficios en unidades de medición estándar (usualmente monetarias), para que se puedan comparar directamente.
- La pregunta es si el costo de la solución sobrepasa el costo del problema. Si la solución es más cara, no se debe de implementar.

- El beneficio neto de la solución es el costo del problema menos el costo de la solución, es decir, no solo se calcula el costo de la solución, sino que es importante también el beneficio neto.
- Determinar el valor presente neto (VPN).

El VPN equivale al valor actualizado de una serie de flujos de fondos en el futuro. Esta actualización se realizará mediante el descuento al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido, es el valor actual neto del proyecto.

Tabla XVIII. **Fórmulas para el cálculo del VPN**

$(F / P) = (1$	$(F/A) = \frac{(1 + i)^{n-1}}{i}$
$(P / F) =$	$(A/F) = \frac{i}{(1 + i)^n - 1}$
$(P/A) = \frac{(1 + i)^{n-1}}{i(1 + i)^n}$	$(A/P) = \frac{i(1 + i)}{(1 + i)^n - 1}$

Fuente: AGUILAR, Willian. *Apuntes de Ingeniería Económica USAC*. p. 13.

Para poder realizar comparaciones en varias opciones y elegir la mejor, siempre debe compararse con el mismo tiempo en vida útil, de lo contrario debe encontrarse un mínimo común denominador. De igual manera en el diagrama de flujo se trabajarán los ingresos como valores positivos y los egresos como valores negativos dicho análisis se presenta a detalle en el capítulo 5.

5. IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO

5.1. Mejora continua

Esta debe ser el objetivo permanente de la organización, para lo cual puede utilizarse el ciclo PHVA o ciclo de Deming. Este se enfoca en el principio de mejora continua de la gestión de la calidad.

Dentro del proceso de adaptación del proyecto, debe haber un seguimiento continuo de cada proceso implementado. Este utiliza gráficos de control diario, histograma de frecuencias, desviación estándar, gráfico de control de medias, gráfico de control de desviaciones, gráficos de control de eficiencia, hojas de verificación, normas de calidad, capacitaciones, entre otros. Se obtienen datos estadísticos y números reales que permitan contar con una referencia del proceso o estancamiento de los diferentes puntos a evaluar para obtener siempre el resultado esperado.

Figura 28. **Ciclo de Deming**



Fuente: *Gestión por procesos*. <https://www.google.com.gt/search?q=gestion+de+procesos&espv=2&biw=>. Consulta: marzo de 2015.

La excelencia se alcanza mediante un proceso de mejora continua; mejora en todos los campos, de las capacidades del personal, eficiencia de los recursos, de las relaciones con el cliente. Así como entre los miembros de la organización, con la sociedad y todo lo que la organización pueda mejorar, y que se traduzca en una mejora de la calidad del producto o servicio que se está ofreciendo.

Alcanzar los mejores resultados, no es labor de un día, es un proceso progresivo en el que no puede haber retrocesos. Han de cumplirse los objetivos de la organización, y prepararse para los próximos retos. Lo deseable es mejorar un poco día a día, y tomarlo como hábito, y no dejar las cosas tal como están, teniendo altibajos. Lo peor es un rendimiento irregular. Con estas últimas situaciones, no se pueden predecir los resultados de la organización, porque los datos e información, no son fiables ni homogéneos. Cuando se detecta un problema, la respuesta y solución ha de ser inmediata. No se puede demorar, pues podría originar consecuencias desastrosas.

La mejora continua implica tanto la implantación de un sistema como el aprendizaje continuo de la organización, el seguimiento de una filosofía de gestión, y la participación activa de todo las personas.

Las empresas no pueden seguir dando la ventaja de no utilizar plenamente la capacidad intelectual, creativa y la experiencia de todas sus personas. Ha pasado la época en que unos pensaban y otros solo trabajaban. Como en los deportes colectivos donde existía una figura pensante y otros corrían y se sacrificaban a su alrededor, hoy ya en los equipos todos tienen el deber de pensar y correr.

De igual forma como producto de los cambios sociales y culturales, en las empresas todos tienen el deber de poner lo mejor de sí para el éxito de la organización. Sus puestos de trabajo, su futuro y sus posibilidades de crecimiento de desarrollo personal y laboral dependen plenamente de ello.

5.2. Análisis beneficio-costo

Como ya se mencionó con anterioridad el análisis beneficio-costo es una técnica importante dentro de la teoría de decisiones es el análisis beneficio/costo. Con ello se pretende qué tan conveniente es la realización de determinado proyecto, esto por medio de la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de los costos que tendrá el proyecto, así como los beneficios que se obtendrán del proyecto ya sea directa o indirectamente. Este método se establece con el fin de evaluar la eficiencia con que utiliza los recursos un proyecto determinado. Si los ingresos superan a los costos del proyecto es aceptable, en caso contrario el proyecto debe ser rechazado.

El criterio formal de decisión cuando se utiliza la relación beneficio/costo para evaluar alternativas. Esto consiste en aceptar todos aquellos cuya relación sea 1 o superior a 1. Si el resultado es menor que 1, ello indica que el valor actual de los ingresos sería menor que el valor actual de los costos y no se estaría recuperando la inversión. La relación está representada por:

$$\text{Beneficio / Costo} = \text{Ingresos / Egresos}$$

Cuando se analizan múltiples alternativas y se desea conocer la mejor se debe seguir el siguiente procedimiento:

Se determina el costo total equivalente para todas las alternativas, esto se conoce como VPC.

- Se ordenan alternativas, de menor a mayor por costo equivalente total.
- Se obtiene la diferencia entre la alternativa evaluada y la posterior.
- Se obtiene la relación B/C. Si se justifica se compara la última opción comparada con la posterior a ella. A fin de demostrar lo anterior se ilustra lo siguiente:
- Se tienen tres posibles propuestas en cuanto a la implementación de un nuevo horno de secado para el área de Pintura que funcionará a base de vapor por medio de la caldera y se desea determinar la mejor alternativa.

Tabla XIX. **Propuestas para la implementación**

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Inversión Inicial	Q 400 000,00	Q 600 000,00	Q 800 000,00
Mantenimiento anual	Q 35 000,00	Q 50 000,00	Q 65 000,00
Valor de rescate	Q 50 000,00	Q 60 000,00	Q 75 000,00
Vida útil	5 años	5 años	5 años

Fuente: elaboración propia.

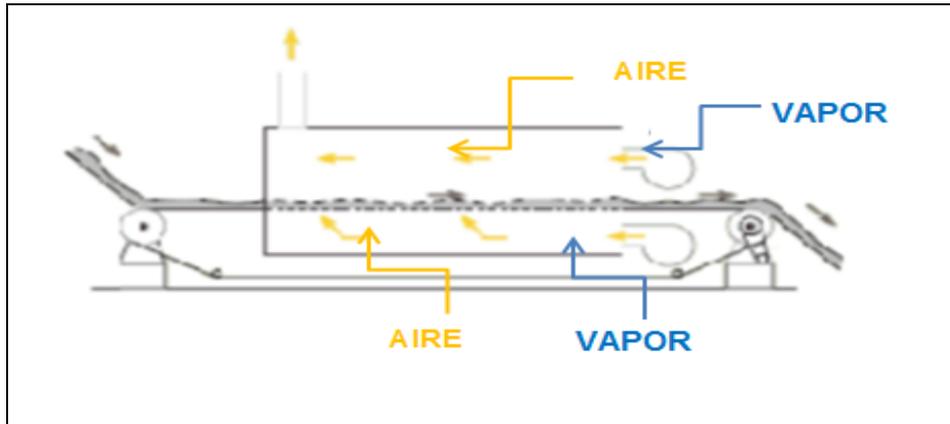
Además de los costos para implementar el cambio de horno eléctrico a un nuevo horno alimentado por vapor también se hace la evaluación de costo y capacidad. Esto ya que al mejorar la capacidad de secado en una jornada laboral se le estará agregando otra mejora al proyecto.

Tabla XX. **Capacidad y dimensiones de horno**

Modelo	Capacidad/hora	Dimensión del Horno (m)	Propuesta
FW20	300	4.3X4.8X1,70	Propuesta 1
FW30	450	4.3X5.6X1,70	Propuesta 2
FW40	600	4.3X6.6X1,70	Propuesta 3

Fuente: Sogorbmac, S.L. *maquinaria y compresores*. p. 40.

Figura 29. **Diagrama de horno de secado a vapor**



Fuente: Sogorbmac, S.L. *maquinaria y compresores*. p. 45.

Como se ve en la tabla anterior la capacidad de producción varía conforme al tamaño del horno.

- Análisis costo/beneficio

Para comprar la maquinaria la empresa Eurosuelas piensa dar un enganche de Q 50 000,00 en efectivo. El resto del dinero tiene planificado obtener un préstamo de un banco, el cual le cobrará una tasa de interés del 12 % para pagar el nuevo horno en 5 años.

Tabla XXI. Tabla de costo total de préstamo por cada propuesta

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Importe del préstamo	Q 350 000,00	Q 550 000,00	Q 750 000,00
Interés anual	12%	12%	12%
Período del préstamo en años	5	5	5
Fecha inicial del préstamo	01/01/2017	01/01/2017	01/01/2017
Pago mensual	Q 7 785,56	Q 12 234,45	Q 16 683,34
Número de pagos	60	60	60
Interés total	Q 117 133,40	Q 184 066,77	Q 251 000,15
Costo total del préstamo	Q 467 133,40	Q 734 066,77	Q 1 001 000,15

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Costo total de operaciones

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Costo total del préstamo	Q 467 133,40	Q 734 066,77	Q 1 001 000,15
Pago Inicial	Q 50 000,00	Q 50 000,00	Q 50 000,00
Mantenimiento anual total en 5 años	Q 175 000,00	Q 250 000,00	Q 325 000,00
Costo total de operación	Q 692 133,40	Q 1 034 066,77	Q 1 376 000,15

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Ahorro total de operaciones en 5 años

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Ahorro total en 5 años por proyecto	Q 1 371 570,60	Q 1 371 570,60	Q 1 371 570,60
Valor de rescate	Q 50 000,00	Q 60 000,00	Q 75 000,00
Total de ahorro de operación en 5 años	Q 1 421 570,60	Q 1 431 570,60	Q 1 446 570,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Análisis de VPN y B/C**

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Total de ahorro de operación en 5 años	Q 1 421 570,60	Q 1 431 570,60	Q 1 446 570,60
Costo total de operación en 5 años	Q 692 133,40	Q 1 034 066,77	Q 1 376 000,15
Análisis de VPN	Q 729 437,20	Q 397 503,83	Q 70 570,45
Calculo Beneficio/costo	2,053896835	1,384408281	1,051286659

Fuente: elaboración propia.

Según el análisis anterior se ve que:

- Las tres propuestas en el análisis VPN nos dan un resultado positivo por lo que llega a implementar cualquiera de las 3 propuestas y tener un resultado satisfactorio para la empresa Eurosuelas.
- El análisis de B/C da un rendimiento mayor que uno por lo cual reafirma el resultado obtenido en el análisis VPN.

Por lo que el proyecto será muy rentable para la empresa. Cabe mencionar que según las propuestas 2 y 3 el precio es mayor debido a que la capacidad del horno son mayores. Esto no solo traerá ventajas a la empresa Eurosuelas de ahorro energético si no que aumentará la capacidad de secado en un tiempo establecido de las suelas pintadas con el barniz. Por lo cual en la empresa Eurosuelas toma la decisión de implementar la propuesta número 2. (ver anexo 1).

5.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Cuando se desea valorar un proyecto deben analizarse aspectos como su tecnología, su manejo, tipo de mantenimiento necesario. Desde el punto de

vista económico, las variables relevantes que definen un proyecto de inversión son: el desembolso inicial que requiere la inversión, los flujos de caja netos, el tiempo en que se generan estos flujos de caja, ya sean positivos o negativos para la entidad. Así como estar conscientes del riesgo que determinada inversión tiene implícito.

La TIR es aquella tasa de actualización que iguala a cero su valor actualizado neto. Es la ganancia esperada en un periodo anual por cada unidad monetaria invertida en determinado proyecto.

Tabla XXV. **Tabla de análisis TIR**

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Análisis TIR	51 %	28 %	5 %

Fuente: elaboración propia.

Para tener un mejor panorama se analizan las 3 TIR. Por lo cual la mejor TIR. Es la de la propuesta 1, pero como ya se mencionó la empresa Eurosuelas ha decidido implementar la propuesta 2. Debido a que es la propuesta que no solo tiene ganancia por medio del ahorro energético, sino que también tiene un aumento en su capacidad de secado y actualmente la empresa piensa en aumentar sus ventas (ver anexo 1).

5.4. Análisis de nuevas propuestas

A fin de hacer más eficiente el uso de la caldera, para suministrar vapor, se tiene estimado hacer una mezcla de diésel con aceite reciclado (quemado) ya que mezclándolo en una relación del 20 % se obtiene una eficiencia mayor

de combustible de aproximadamente 25 %. Esto redundará en un ahorro significativo de gastos y costos de producción.

De igual manera se tiene previsto implementar calentadores solares como un suministro de calor en el depósito de agua que alimenta la caldera. El fin es elevar la temperatura del agua (o precalentarla) antes de que esta ingrese a la caldera. Esto con el fin de reducir el esfuerzo que debería de hacer la caldera para llevar el agua fría hasta la temperatura de ebullición, para generar vapor y así obtener una reducción en el consumo de combustible.

5.5. Plan de seguimiento

Dentro de las distintas necesidades que se presentan debe haber una continuidad en el desarrollo de las actividades propuestas. El fin es obtener el mejor de los resultados posibles y alcanzar los objetivos propuestos. Dentro del plan de seguimiento se pueden mencionar:

- El uso de diésel mezclado con aceite quemado en una proporción del 20 %, no excediendo esta proporción. Esto debido a que al momento de sobrepasarlo se produce un taponamiento de la boquilla, lo cual restringe el flujo de combustible alterando por completo la tipo de flama necesaria para que existe un quemado óptimo.
- Debe existir una planeación de mantenimientos periódicos a la caldera, tratamiento de aguas y calibración de la misma para que funcione de manera óptima. Con ello se evitarán retrasos por fallas o desperfectos propios de las partes de ignición o boquillas de quemado, que son las partes más propensas a fallos.

- Es de suma prioridad encaquetar las tuberías que de la caldera a los hornos directamente transporta el vapor para alimentar los mismos. Esto con la finalidad de evitar pérdidas de calor a lo largo del trayecto. mientras las tuberías se encuentren sin recubrimiento, será necesario el uso de mayor cantidad de combustible para mantener la temperatura esperada, mientras que si la tubería se encuentra recubierta, la perdida de temperatura será mínima debido a que el recubrimiento termoaislante evita el descenso de temperatura.
- Se debe considerar el uso de una caldera diferente a la que se posee, analizando capacidad de producción de vapor, consumo de combustible, mantenimiento y costo de adquisición con la finalidad de buscar en todo momento poder hacer más eficiente todo el proceso y enfocarse en la reducción de costos y gastos de producción tomando en cuenta que los cálculos realizados fueron hechos solo a una línea de producción, necesitando más capacidad instalada si se desea tener en funcionamiento 3 líneas o transportadores.
- Esto está bien ya que toma en cuenta que el cálculo lo estás haciendo solo con una línea ahora puedes justificar la compra tomando en cuenta que necesitas más capacidad instalada para las 3 líneas o transportadores.

CONCLUSIONES

1. Hoy en día el uso de energías alternativas, para las plantas de producción se ha vuelto muy importante. Pues buscan la manera de lograr un ahorro en uno de los rubros que generan un mayor costo y qué es la energía eléctrica al tratar de sustituir el consumo eléctrico, por medio de fuente alternativa. En este caso por medio de implementar un nuevo horno de secado que se caliente por medio de vapor utilizando la caldera. Por medio de ella queda demostrado el ahorro que tendrá la empresa al implementar el proyecto no solo teniendo un ahorro energético, sino aumentando su capacidad de producción en el área de Secado de Pintura.
2. Al implementar el proyecto de un nuevo horno de secado en el área de Pintura de Eurosuelas se tendrá un ahorro de energía eléctrica de Q 22 859,51 mensuales. Esto conlleva un ahorro de un 73,72 % en el área de pintura por lo cual el proyecto es viable y favorecerá a la empresa a reducir sus costos de producción y ser más competitivos en el mercado. Además con el alcance y mejora por medio de la compra del horno accionado por vapor se incrementará en un 50 % la capacidad de secado.
3. Se evaluaron las diferentes alternativas de combustibles en el medio así como los precios actuales de venta que hoy rigen en el país para determinar la mejor opción en combustible. Esta fue el diésel, ya que es el hidrocarburo que actualmente tiene el precio más bajo del mercado y

que la empresa ya cuenta con una caldera que es accionada por medio de la misma.

4. Por medio del proyecto se logra reducir los riesgos de corto circuito dentro del área de Pintura, ya que el horno de secado ya no trabajaría por medio de resistencias eléctricas si no que vapor. Concentrando los riegos directamente en el área de Caldera y tanque de almacenamiento del diésel, teniendo en cuenta el aislamiento térmico de las tuberías, que llevarán el vapor hacia el horno de secado.

RECOMENDACIONES

1. Calibrar el tanque de almacenamiento de diésel para verificar los niveles del mismo. Esto debido a que no se encuentra calibrado, no existen medidas que indiquen los niveles restantes de combustible, esto a fin de ser más exactos al momento de una nueva requisición de combustible.
2. Es necesario que la tubería que sale de la caldera, y distribuye el vapor hacia los hornos, esté recubierta para evitar pérdidas de calor a lo largo del trayecto y hacer más eficiente todo el proceso.
3. Reemplazar la caldera existente debido a lo antiguo de la misma por una más reciente y de ser posible más grande para que satisfaga las demandas de vapor requeridas en planta, no solo en el área de Pintura, si no en demás áreas donde pueda utilizarse vapor para ejecutar determinados procesos.
4. Realizar pruebas con el uso de desechos sólidos para alimentar la caldera, lo cual permitiría la reducción de costos en combustible, haciendo aún más eficiente el uso de fuentes alternativas de energía. Entre los desechos que pueden utilizarse se puede mencionar: cartón, aserrín, entre otros.
5. Capacitar constantemente al personal que esté en contacto con la caldera, efectuar los mantenimientos preventivos y correctivos a fin de

mantener en óptimo funcionamiento la caldera y así evitar gastos y retrasos innecesarios, que perjudiquen la producción.

6. Crear un plan de contingencia que permita reaccionar al momento de que se origine un siniestro o cualquier eventualidad que ponga en riesgo la integridad física tanto del personal como de las instalaciones, materia prima, producto terminado, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANTONEL, Jordi; BALSELLS, Josep; BROSSA, Joan. *Eficiencia en el uso de energía eléctrica*. México: Thompson, 2011. 675 p.
2. CALONGE, Javier. *Tecnología de Eficiencias Energéticas*. Pamplona, México: McGraw-Hill, 2011. 115 p.
3. CARLES, Jennifer. *Energías Renovables: Guía de Eficiencia Energética*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1999. 202 p.
4. CARRETERO PEÑA, Antonio; GARCÍA SÁNCHEZ, Juan Manuel. *Gestión de la Eficiencia Energética*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 2008. 499 p.
5. CREUS SOLÉ, Antonio. *Energías Renovables*. 2a ed. México: Ceysa, 2007. 336 p. ISBN: 9788486108540.
6. GONZALEZ VELAZCO, Jaime. *Energías Renovables*. Barcelona: Reberté, 2009. 145 p. ISBN 978-84-291-7912-5.
7. REY MARTINEZ, Francisco Javier; GOMEZ VELAZCO, Eloy. *Eficiencia Energética en edificios*. España: Thompson, 2006 455 p.
8. SAMAYOA, Rodolfo Estuardo. *Control automático de combustión para calderas*. México: Mcgraw-Hill, 1990. 631 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Calculadora simple de préstamos VAN y TIR

Calculadora simple de préstamos van y tir						
				Escriba los valores		
Importe del préstamo		Q 550 000 00				
Interés anual		12 000 %				
Periodo del préstamo en años		5				
Fecha inicial del préstamo		01/07/2016				
Pago mensual		Q 12 234 45				
Numero de pagos		60				
Interés total		Q 184 066 77				
Costo total del préstamo		Q734 066 77				
Núm.	Pago	Saldo inicial	Pago	Capital	Interés	Saldo final
1	1/08/2016	Q 550 000 00	Q 12 234,45	Q 6 734,45	Q 5 500,00	Q 543 265,55
2	1/09/2016	Q 543 265 55	Q 12 234,45	Q 6 801,79	Q 5 432,66	Q 536 463,76
3	1/10/2016	Q 536 463 76	Q 12 234,45	Q 6 869,81	Q 5 364,64	Q 529 593,95
4	1/11/2016	Q 529 593 95	Q 12 234,45	Q 6 938,51	Q 5 295,94	Q 522 655,45
5	1/12/2016	Q 522 655 45	Q 12 234,45	Q 7 007,89	Q 5 226,55	Q 515 647,56
6	1/01/2017	Q 515 647 56	Q 12 234,45	Q 7 077,97	Q 5 156,48	Q 508 569,59
7	1/02/2017	Q 508 569 59	Q 12 234,45	Q 7 148,75	Q 5 085,70	Q 501 420,84
8	1/03/2017	Q 501 420 84	Q 12 234,45	Q 7 220,24	Q 5 014,21	Q 494 200,60
9	1/04/2017	Q 494 200 60	Q 12 234,45	Q 7 292,44	Q 4 942,01	Q 486 908,16
10	1/05/2017	Q 486 908 16	Q 12 234,45	Q 7 365,36	Q 4 869,08	Q 479 542,79
11	1/06/2017	Q 479 542,79	Q 12 234,45	Q 7 439,02	Q 4 795,43	Q 472 103,77
12	1/07/2017	Q 472 103,77	Q 12 234,45	Q 7 513,41	Q 4 721 04	Q 464 590,37
13	1/08/2017	Q 464 590,37	Q 12 234,45	Q 7 588,54	Q 4 645,90	Q 457 001,82
14	1/09/2017	Q 457 001,82	Q 12 234,45	Q 7 664,43	Q 4 570,02	Q 449 337,39
15	1/10/2017	Q 449 337,39	Q 12 234,45	Q 7 741,07	Q 4 493,37	Q 441 596,32
16	1/11/2017	Q 441 596,32	Q 12 234,45	Q 7 818,48	Q 4 415,96	Q 433 777,84
17	1/12/2017	Q 433 777,84	Q 12 234,45	Q 7 896,67	Q 4 337,78	Q 425 881,17
18	1/01/2018	Q 425 881,17	Q 12 234,45	Q 7 975,63	Q 4 258,81	Q 417 905,54
19	1/02/2018	Q 417 905,54	Q 12 234,45	Q 8 055,39	Q 4 179,06	Q 409 850,15
20	1/03/2018	Q 409 850,15	Q 12 234,45	Q 8 135,94	Q 4 098,50	Q 401 714,20
21	1/04/2018	Q 401 714,20	Q 12 234,45	Q 8 217,30	Q 4 017,14	Q 393 496,90
22	1/05/2018	Q 393 496,90	Q 12 234,45	Q 8 299,48	Q 3 934,97	Q 385 197,42
23	1/06/2018	Q 385 197,42	Q 12 234,45	Q 8 382,47	Q 3 851,97	Q 376 814,95
24	1/07/2018	Q 376 814,95	Q 12 234,45	Q 8 466,30	Q 3 768,15	Q 359 797,69
25	1/08/2018	Q 368 348,65	Q 12 234,45	Q 8 550,96	Q 3 683,49	Q 368 348,65
26	1/09/2018	Q 359 797,69	Q 12 234,45	Q 8 636,47	Q 3 597,98	Q 351 161,22
27	1/10/2018	Q 351 161,22	Q 12 234,45	Q 8 722,83	Q 3 511,61	Q 342 438,39
28	1/11/2018	Q 342 438,39	Q 12 234,45	Q 8 810,06	Q 3 424,38	Q 333 628,33
29	1/12/2018	Q 333 628,33	Q 12 234,45	Q 8 898,16	Q 3 336,28	Q 324 730,16
30	1/01/2019	Q 324 730,16	Q 12 234,45	Q 8 987,14	Q 3 247,30	Q 315 743,02
31	1/02/2019	Q 315 743,02	Q 12 234,45	Q 9 077,02	Q 3 157,43	Q 306 666,00
32	1/03/2019	Q 306 666,00	Q 12 234,45	Q 9 167,79	Q 3 066,66	Q 297 498,22
33	1/04/2019	Q 297 498,22	Q 12 234,45	Q 9 259,46	Q 2 974,98	Q 288 238,75
34	1/05/2019	Q 288 238,75	Q 12 234,45	Q 9 352,06	Q 2 882,39	Q 278 886,69
35	1/06/2019	Q 278 886,69	Q 12 234,45	Q 9 445,58	Q 2 788,87	Q 269 441,11
36	1/07/2019	Q 269 441,11	Q 12 234,45	Q 9 540,04	Q 2 694,41	Q 259 901,08
37	1/08/2019	Q 259 901,08	Q 12 234,45	Q 9 635,44	Q 2 599,01	Q 250 265,64
38	1/09/2019	Q 250 265,64	Q 12 234,45	Q 9 731,79	Q 2 502,66	Q 240 533,85
39	1/10/2019	Q 240 533,85	Q 12 234,45	Q 9 829,11	Q 2 405,34	Q 230 704,75
40	1/11/2019	Q 230 704,75	Q 12 234,45	Q 9 927,40	Q 2 307,05	Q 220 777,35
41	1/12/2019	Q 220 777,35	Q 12 234,45	Q 10 026,67	Q 2 207,51	Q 210 750,67
42	1/01/2020	Q 210 750,67	Q 12 234,45	Q 10 126,94	Q 2 107,77	Q 200 623,74
43	1/02/2020	Q 200 623,74	Q 12 234,45	Q 10 228,21	Q 2 006,24	Q 190 395,53
44	1/03/2020	Q 190 395,53	Q 12 234,45	Q 10 330,49	Q 1 903,96	Q 180 065,04
45	1/04/2020	Q 180 065,04	Q 12 234,45	Q 10 433,80	Q 1 800,65	Q 169 631,24
46	1/05/2020	Q 169 631,24	Q 12 234,45	Q 10 538,13	Q 1 696,31	Q 159 093,11

Continuación del apéndice 1.

47	1/06/2020	Q 159 093,11	Q 12 234,45	Q 10 643,52	Q 1 590,93	Q 148 449,59
48	1/07/2020	Q 148 449,59	Q 12 234,45	Q 10 749,95	Q 1 484,50	Q 137 699,64
49	1/08/2020	Q 137 699,64	Q 12 234,45	Q 10 857,45	Q 1 377,00	Q 126 842,19
50	1/09/2020	Q 126 842,19	Q 12 234,45	Q 10 966,02	Q 1 268,42	Q 115 876,17
51	1/10/2020	Q 115 876,17	Q 12 234,45	Q 11 075,68	Q 1 158,76	Q 104 800,48
52	1/11/2020	Q 104 800,48	Q 12 234,45	Q 11 186,44	Q 1 048,00	Q 93 614,04
53	1/12/2020	Q 93 614,04	Q 12 234,45	Q 11 298,31	Q 936,14	Q 82 315,73
54	1/01/2021	Q 82 315,73	Q 12 234,45	Q 11 411,29	Q 823,16	Q 70 904,45
55	1/02/2021	Q 70 904,45	Q 12 234,45	Q 11 525,40	Q 709,04	Q 59 379,04
56	1/03/2021	Q 59 379,04	Q 12 234,45	Q 11 640,66	Q 593,79	Q 0 00
57	1/04/2021	Q 47 738,39	Q 12 234,45	Q 11 757,06	Q 477,38	Q 12 113,31
58	1/05/2021	Q 35 981,33	Q 12 234,45	Q 11 874,63	Q 359,81	Q 24 106,69
59	1/06/2021	Q 24 106,69	Q 12 234,45	Q 11 993,38	Q 241,07	Q 35 981,33
60	1/07/2021	Q 12 113,31	Q 12 234,45	Q 12 113,31	Q 121,13	Q 47 738,39

Fuente: elaboración propia.