



Gestión, eficiencia y ahorro energético en la empresa Guarnetex SAS

Jose Camid Gutiérrez Castaño

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesora

María Lizeth Marín Marín, Administradora en Salud: énfasis en Gestión Ambiental y Sanitaria

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Ambiental

Medellín

2022

Cita

(Gutiérrez Castaño, 2022)

Referencia

Gutiérrez Castaño, J. C. (2022). *Gestión, eficiencia y ahorro energético en la empresa Guarnetex SAS* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
1. Introducción	9
2. Objetivos	10
2.1 Objetivo general	10
2.2 Objetivos específicos	10
3. Marco teórico	11
3.1 Eficiencia energética	11
3.2 Combustibles	11
3.2.1 Carbón	11
3.2.2 Combustibles alternativos	12
4. Metodología	13
4.1 Identificación de oportunidades de mejora	13
5. Resultados y análisis	17
5.1 Identificación de oportunidades de mejora	17
5.2 Determinación cambio de combustible utilizado en la caldera	18
5.2.1 Cotización 1	20
5.2.2 Cotización 2	21
5.2.3 Cotización 3	21
5.2.4 Viabilidad ambiental	21
5.2.5 Viabilidad económica	22
5.3 Aislamiento de tuberías	23
6. Conclusiones	25
7. Referencias	26

Lista de tablas

Tabla 1 Identificación de oportunidades de mejora en los usos de energía de la empresa Guarnetex SAS	17
Tabla 2 Biomosas que se pueden utilizar en la caldera de la empresa Guarnetex SAS	20
Tabla 3 Comparación parámetros del carbón utilizado en la empresa Guarnetex SAS con las biomosas cotizadas	22
Tabla 4 Comparación viabilidad económica	23

Lista de figuras

Figura 1 Áreas de almacenamiento y laboratorios químicos de la empresa Guarnetex SAS	13
Figura 2 Taller de mantenimiento y área de empaque de la empresa Guarnetex SAS	14
Figura 3 Techo de la empresa Guarnetex SAS.....	14
Figura 4 Caldera de la empresa Guarnetex SAS	15
Figura 5 Tuberías de vapor y condensado de la caldera de la empresa Guarnetex SAS.....	16

Siglas, acrónimos y abreviaturas

CDR	Combustibles derivados de residuos
CO₂	Dióxido de carbono
GEI	Gases de efecto invernadero
NO_x	Óxidos de nitrógeno
SO₂	Dióxido de azufre
SO_x	Óxidos de azufre

Resumen

La gestión, el uso eficiente y ahorro de energía se ha ido regulando ampliamente en Colombia. Sin embargo, no ha tenido el impacto que se esperaba debido a la falta de implementación. El sector de la industria textil ha experimentado avances tecnológicos que incluyen cambios de la energía consumida en sus diferentes procesos. La empresa Guarnetex SAS hace parte de la industria textil, fabricando elásticos angostos para ropa interior. En sus procesos industriales se utiliza energía de diferentes maneras, generando una gran problemática debido al uso deficiente de este recurso.

Con base en lo anterior, el presente trabajo propone cambios o mejoras en los usos de energía de la empresa Guarnetex SAS, con el fin de mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones de CO₂. Para lograr este objetivo se identificaron oportunidades de mejora en los diferentes espacios de la empresa y con base en esto se formularon estrategias en pro de la gestión, eficiencia y ahorro en la empresa Guarnetex.

Palabras clave: Energía, eficiencia, combustible, biomasa, CDR, tuberías, GEI.

Abstract

The management, efficient use and saving of energy has been regulating extensively in Colombia. However, it has not had the expected impact due to lack of implementation. The textile industry has experienced technological advances that include changes in the energy consumed in its different processes. The Guarnetex SAS company is part of the textile industry, manufacturing narrow elastics for underwear. In its industrial processes, energy is used in different ways, generating a great problem due to the poor use of this resource.

Based on the above, the present work proposes changes or improvements in the energy uses of the Guarnetex SAS company, in order to improve energy efficiency and reduce CO2 emissions. To achieve this objective, opportunities for improvement were identified in the different areas of the company, and based on this, strategies were formulated in favor of management, efficiency, and savings in the Guarnetex company.

Keywords: Energy, efficiency, fuel, biomass, RDF, pipelines, GHG.

1. Introducción

El consumo de energía representa un aspecto ambiental de gran relevancia en la industria textil dado que, el recurso energético se utiliza en múltiples procesos y actividades. Esta industria genera contaminación ambiental con efluentes del proceso húmedo y con las emisiones de sus sistemas de combustión para la generación de vapor y calor. Se calcula que la industria textil es responsable del 10% de las emisiones globales de carbono, más que todos los vuelos internacionales y el transporte marítimo juntos (Vidorreta, 2021). Este aumento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera, son el principal factor de la intensificación del efecto invernadero y del cambio climático resultante (Alcántara Escolano & Padilla Rosa, 2021)

En cuanto a la búsqueda de la eficiencia energética en las diferentes industrias, esta se ha centrado en la sustitución o adaptación de las diferentes máquinas utilizadas, el cambio o desarrollo de nuevos procesos de producción, los cambios en las fuentes de energía o en una mejor utilización de los materiales en los procesos productivos, incluyendo materiales innovadores (Gómez, 2021). La proporción del costo total de la energía en la producción textil varía dependiendo del país. El costo de la energía es usualmente el tercer o cuarto más alto en los costos de producción (MGM International, 2018), por lo tanto, la propuesta busca que estos costos se reduzcan.

El enfoque principal de este trabajo es el proceso de tintorería, el cual utiliza vapor como medio de calentamiento y éste es generado en una caldera que emplea carbón como combustible. El vapor se conduce por la tubería hacia las máquinas de tintorería, donde se utiliza como energía para el proceso; dado que las líneas de vapor y condensado no están aisladas se generan pérdidas e ineficiencia por fugas o transferencia de calor al medio. El carbón es la mayor fuente de generación de vapor y la mayor fuente individual de emisiones de CO₂, lo que crea un desafío único en la transición a sistemas de energía con bajas emisiones de carbono (IEA, 2022).

Por esta razón, se identificaron oportunidades de mejora en los sistemas de energía de la empresa, se propusieron alternativas para la transición del combustible utilizado en la caldera por biomasa o CDR, también el aislamiento de las líneas de vapor desde la caldera hasta las máquinas de tintorería. Con las oportunidades de mejora identificadas se propusieron alternativas más eficientes en los usos de energía de la empresa Guarnetex SAS, con la implementación de estas mejoras se espera contribuir a optimizar las condiciones de trabajo de los colaboradores, lograr eficiencia energética y disminuir las emisiones de CO₂.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Proponer mejoras en los usos de energía de la empresa Guarnetex SAS, en procura de lograr eficiencia energética.

2.2 Objetivos específicos

Identificar oportunidades de mejora en los sistemas de energía de la empresa Guarnetex SAS.

Proponer acciones para que los procesos de la empresa Guarnetex SAS, sean más amigables con el medio ambiente.

3. Marco teórico

3.1 Eficiencia energética

La eficiencia energética es un término que, como su nombre indica, relaciona los conceptos de eficiencia y energía. Puede aplicarse tanto a consumos de energía como a procesos productivos, empresas e instituciones, cadenas de valor, sectores económicos o territorios o economías (Gómez, 2021). Su propósito es la reducción del consumo de energía, de tal forma que utilizando la misma cantidad de ésta (o incluso menos) se logre la producción de un mayor número de bienes y servicios (AMVA, 2022). La eficiencia energética trae múltiples beneficios, como mejorar la sostenibilidad del sistema energético, respaldar objetivos estratégicos para el desarrollo económico y social, promover objetivos ambientales y aumentar la **prosperidad** (IEA, 2022). Según Gómez (2021): Las inversiones en eficiencia energética en el sector industrial pueden centrarse en la sustitución o adaptación de equipamientos físicos, el cambio o desarrollo de nuevos procesos de producción (y otros procesos empresariales e industriales), los cambios en las fuentes de energía o en una mejor utilización de los materiales en los procesos productivos, incluyendo nuevos materiales innovadores (pág. 77).

Ahora hablando de cómo esta Colombia referente a la eficiencia energética, se tiene que el balance de energía útil cuantifica las pérdidas económicas ocasionadas por la obsolescencia de la tecnología, las inadecuadas prácticas operativas y la poca diversificación de la matriz energética nacional, para el 2015 (UPME, 2022).

3.2 Combustibles

3.2.1 Carbón

Basando esta información en la empresa Guarnetex SAS, cuando se habla de los tipos de energía o combustibles que utiliza, se piensa en la caldera que funciona en este momento con carbón. Estos equipos de combustión externa son responsables en mayor medida por las emisiones que se producen en la industria, muchas veces debido por su desconocimiento, operan en rangos inferiores al 50%, es decir, solo aprovechan la mitad del combustible que gastan en sus procesos (AMVA, 2022). Esto puede ser un gran problema en un futuro muy cercano, ya que, la energía a carbón **no va por el mejor camino**, en el Escenario de Emisiones Netas Cero para 2050, la generación de energía a base de carbón **sin cesar** disminuye un promedio de 11% por año hasta

2030, con una eliminación completa para 2040 (IEA, 2022), por lo que, se hace necesario buscar combustibles alternativos. Considerando también el actual consumo de combustibles fósiles, se estima que para la mitad de este siglo las reservas disponibles estarán próximas a agotarse, lo cual genera la posibilidad de que energías limpias y renovables entren en el escenario como actores principales (McKendry, 2002).

3.2.2 Combustibles alternativos

Los combustibles alternativos son aquellos carburantes que fueron diseñados para reemplazar a los derivados del petróleo (combustibles fósiles) y a los combustibles nucleares. Se cree que estos son más económicos y menos perjudiciales para el medio ambiente, pero no siempre es así, en algunos casos su desarrollo resulta más costoso por tratarse de carburantes nuevos, ya que falta mucha investigación al respecto (Editorial Etecé, 2021).

Un ejemplo de estos combustibles alternativos es la biomasa, que abarca todo un conjunto heterogéneo de materias orgánicas, tanto por su origen como por su naturaleza. En el contexto energético, el término biomasa se emplea para denominar a una fuente de energía renovable basada en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato o de los productos derivados de ésta. Los productos procedentes de la biomasa que se utilizan para fines energéticos se denominan biocombustibles, pudiendo ser, según su estado físico, biocombustibles sólidos, en referencia a los que son utilizados básicamente para fines térmicos y eléctricos, y líquidos como sinónimo de los biocarburantes para automoción (Fernandez, 2003).

Según Fouad Al-Mansour (2010):

La co-combustión de biomasa en grandes centrales térmicas a base de carbón brinda una oportunidad considerable para aumentar la participación de fuentes de energía renovable en el balance de energía primaria y la participación de electricidad en el consumo bruto de electricidad en el país. La combustión conjunta de biomasa y carbón significa reducir las emisiones de CO₂ y SO₂, y también puede reducir las emisiones de NO_x y representa un desarrollo energético sostenible, de bajo riesgo, bajo costo y a corto plazo. En este estudio también se concluyó que la combustión conjunta de biomasa se ha demostrado con éxito en más de 150 instalaciones en todo el mundo para la mayoría de las combinaciones de combustibles y tipos de calderas en el rango de 50 a 700MWe (pág. 620).

4. Metodología

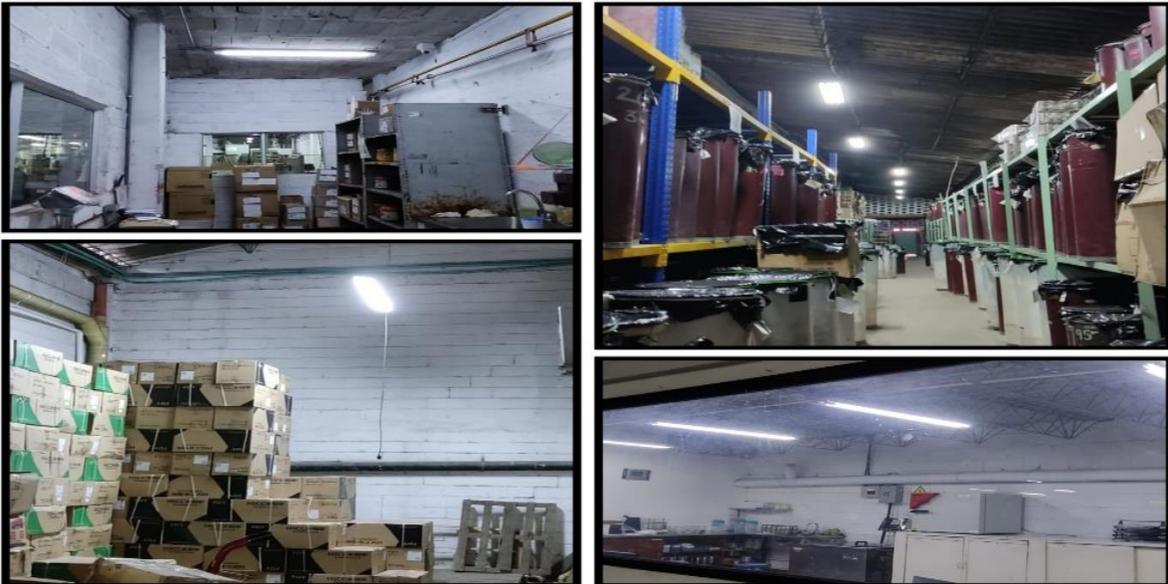
4.1 Identificación de oportunidades de mejora

Se realizaron recorridos por toda la empresa, esta se compone de dos bodegas (107 y 108), en las cuales se observaron los usos que se le está dando a la energía en los diferentes procesos y áreas de trabajo.

En esta parte, el trabajo se centró en identificar si se le está dando un uso eficiente a las luminarias en la empresa. Como se observa en la Figura 1, hay varios lugares donde se puede evidenciar que las luminarias permanecen encendidas las 24 horas del día sin ser necesario, ya que, no siempre hay personas en dichos lugares.

Figura 1

Áreas de almacenamiento y laboratorios químicos de la empresa Guarnetex SAS



En la Figura 2 correspondiente al taller de mantenimiento y área de empaque de la empresa Guarnetex SAS, se observa que las luminarias permanecen encendidas 6 días a la semana, aunque en esas áreas solo se trabajen 5 días o el personal no se encuentre siempre en dicho lugar, se evidenció en el recorrido que la red eléctrica es la misma para las áreas aledañas, en consecuencia,

las luminarias del área que trabaja solo 5 días se mantendrán encendidas 6 días a la semana sin ser necesario.

Figura 2

Taller de mantenimiento y área de empaque de la empresa Guarnetex SAS



Adicionalmente en la Figura 3 se observa que el techo no permite aprovechar la luz natural, lo que se considera una posible mejora, esto debido a, que el aprovechamiento de la luz natural puede traer un ahorro energético y económico para la empresa.

Figura 3

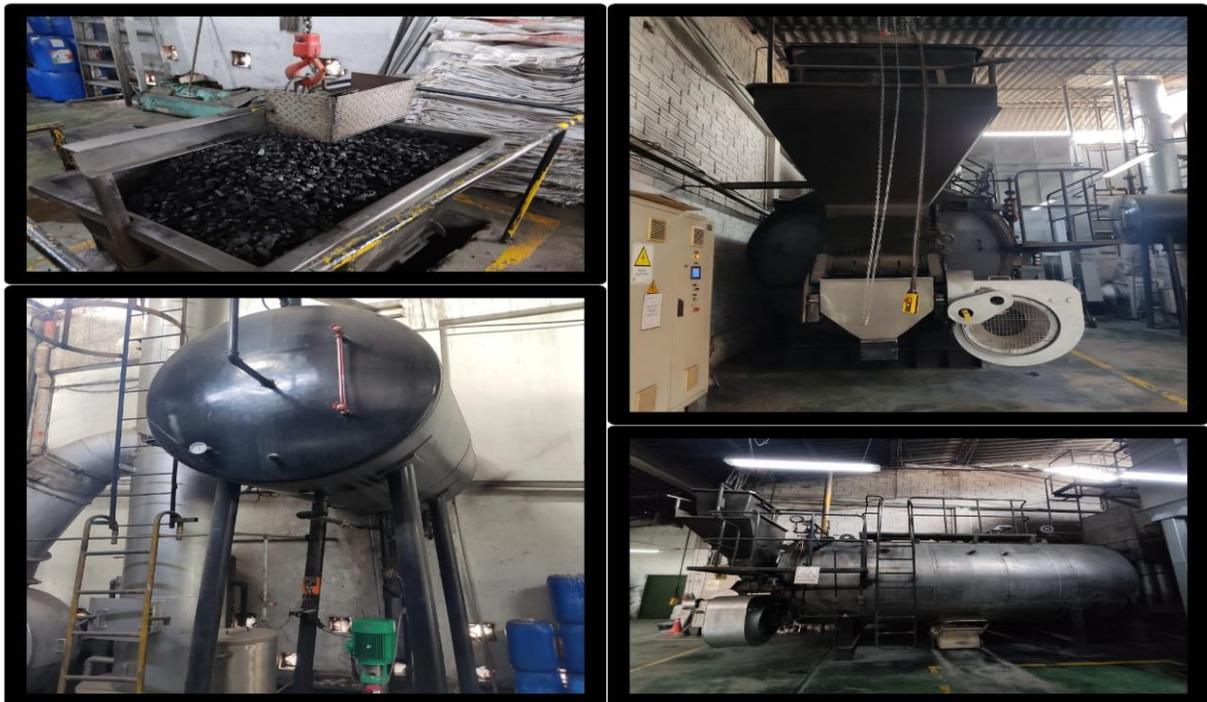
Techo de la empresa Guarnetex SAS



Durante el recorrido se evidencia igualmente que el proceso de tintorería utiliza carbón como combustible tal como puede observarse en la Figura 4. Este se carga en el cajón y con una polea diferencial es trasladado hacia la tolva donde alimentara la caldera por medio de la parrilla viajera. Una vez completado este proceso con ayuda de una bomba se dispone a llenar de agua la caldera desde el tanque negro, cuando se tiene todo listo en la caldera se inicia el proceso de combustión lo que genera el cambio de estado del agua líquida a gaseosa obteniendo el vapor que es utilizado en el proceso de tintorería.

Figura 4

Caldera de la empresa Guarnetex SAS



El vapor que se genera se conduce por la tubería hacía las máquinas de tintorería como se evidencia en la Figura 5, donde se utiliza como energía para el proceso, dado que las líneas de vapor que van a las máquinas de tintorería y las de condensado que vuelven de las máquinas a la caldera no están aisladas, se generan pérdidas e ineficiencia por fugas o transferencia de calor al medio.

Figura 5

Tuberías de vapor y condensado de la caldera de la empresa Guarnetex SAS



Después de identificar las falencias en el uso de la energía de la empresa Guarnetex SAS, se procedió a proponer oportunidades de mejora en el uso de la energía, tal como puede observarse en el apartado de resultados.

5. Resultados y análisis

A continuación, se presentan los resultados de la identificación de las oportunidades de mejora en los usos de energía, el cambio de combustible y una mejor opción para el aislamiento de las tuberías en la empresa Guarnetex SAS.

5.1 Identificación de oportunidades de mejora

En la Tabla 1 se nombran las problemáticas identificadas, las oportunidades de mejora que se recomiendan y los beneficios que se obtendrían con la implementación. La oportunidad de cambiar el combustible utilizado en la caldera, la posibilidad de aislar las tuberías de vapor y condensado de la caldera también son oportunidades de mejora identificadas en el desarrollo de este trabajo.

Tabla 1

Identificación de oportunidades de mejora en los usos de energía de la empresa Guarnetex SAS

Problemática identificada	Mejoras	Beneficios
Luminarias encendidas sin ser necesario	Instalación de sensores de movimiento	<ul style="list-style-type: none"> Ahorro de energía al asegurar que las luminarias estén encendidas sólo cuando se requiera Disminución costos de consumo Comodidad al evitar el encendido y apagado manual Aumento de la vida útil de los tubos Disminución huella de carbono
Redes eléctricas unificadas de áreas aledañas que no trabajan la misma cantidad de días a la semana	Separar la red eléctrica por áreas	<ul style="list-style-type: none"> Ahorro de energía al evitar que toda la red se encienda del mismo interruptor sin ser necesario en algunas áreas Disminución costos de consumo Disminución huella de carbono Mayor calidad de flujo de luz Ahorro energético al evitar encender todas las luminarias en el día
No se aprovecha la luz natural	Uso parcial de tejas traslucidas o tragaluces	<ul style="list-style-type: none"> Edificación más sostenible Disminución huella de carbono Disminución costos de consumo

Cuando se habla de la viabilidad ambiental encontramos que el uso o implementación de los sensores de movimiento en la empresa Guarnetex SAS supone un importante ahorro energético, ya que las luminarias se encenderían únicamente cuando sea necesario y se apagarían cuando no identifiquen movimientos. Una de las maneras más rápidas de ahorrar energía es con iluminación de alta eficiencia, los sensores de movimiento y luz solar ahorran recursos energéticos al reducir el tiempo que las luminarias están encendidas sin usar (U.S. Department of Energy, 2014).

Con la implementación de tejas traslucidas o tragaluces se tendría un lugar de trabajo mas confortable para los trabajadores. Además, la preferencia de la luz natural no sólo se debe a la cantidad y calidad de su flujo, sino también porque contribuye al ahorro energético y a una gestión más sostenible de las edificaciones (Departamento de Construcción Arquitectónica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 2006).

En diferentes trabajos se ha demostrado que la implementación de mejoras en los usos de energía o aumento de la eficiencia energética tienen gran incidencia en la reducción de la huella de carbono. En un trabajo realizado por Ardila Meléndez & Tovar Londoño (2022), se encontro que la implementación de estrategias como el uso de sensores de movimiento, luz natural o tragaluces inciden en la reducción de la huella de carbono derivada del consumo de energía eléctrica (pág. 97).

Simultáneamente a los beneficios ambientales que traería la implementación de las oportunidades de mejora antes mencionadas, también se esperan ahorros en costos de consumo energético, manutención y el desgaste de las luminarias, que estarán relacionados con el tiempo que estas permanezcan apagadas.

5.2 Determinación cambio de combustible utilizado en la caldera

Se recomienda llevar a cabo un cambio del carbón utilizado en la caldera por un combustible más amigable con el medio ambiente. Como se mencionó anteriormente, se dará una disminución paulatina en la utilización del carbón hasta su eliminación definitiva en el año 2040, por lo tanto, las empresas que utilizan este combustible como fuente de energía que es el caso de la empresa Guarnetex SAS, deben buscar alternativas para poder seguir operando. También se evidencia la importancia del cambio de combustible por uno alternativo, ya que se puede mejorar al elegir uno más amigable con el medio ambiente aportando a la disminución de emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x.

En un trabajo realizado por Salas & Condorhuaman (2009), donde se considera la huella de carbono en la industria textil debido al proceso productivo, se demuestra que el mayor impacto climático proviene del consumo de combustibles fósiles (pág. 27). Y que la neutralización de las emisiones de CO₂ de la producción textil se logra a través de la producción mas limpia, lo que incluye mejorar la eficiencia energética, el cambio de combustibles y también la compensación de los GEI, a través de proyectos de captura de CO₂ y/o compensaciones con bonos de carbono (pág. 26).

Con base en lo anterior y de acuerdo con McKendry (2002), “la biomasa es una forma aceptada de energía renovable y se considera un medio para ayudar a reducir el calentamiento global, al desplazar el uso de combustibles fósiles” (pág. 46). Una de las ventajas de la biomasa es que produce la misma cantidad de emisiones de dióxido de carbono que absorbe durante su crecimiento, es decir, solo emite la misma cantidad de CO₂ que procesa durante parte de su ciclo de vida, haciéndola neutra en cuanto a sus emisiones de compuestos de carbono (Galvis Martínez y otros, 2022). Mientras que el carbón es la mayor fuente de generación de vapor y la mayor fuente individual de emisiones de CO₂, lo que crea un desafío único en la transición a sistemas de energía con bajas emisiones de carbono (IEA, 2022).

Otra de las ventajas que se destacan de la biomasa es que se pueden obtener como residuos de procesos agrícolas y también su alta versatilidad para ser usadas de distintas formas. La energía de fuentes de biomasa puede ser sólida, líquida y gaseosa, se almacena fácilmente y se puede usar en campos como el transporte, la calefacción y la generación de energía (Teske y otros, 2011).

En cuanto a las desventajas del uso de energía con base a carbón, se determina el agotamiento de las reservas, debido a la sobreexplotación, lo cual no sucede con la biomasa natural, visto que se deriva de organismos vivos renovables. Además, se encontro que este tipo de energías genera mayor cantidad de GEI que las energías renovables (Santillán & Romario, 2021). El carbón, además de ser el responsable del 72.5% de las emisiones gloables de CO₂, solo aporta el 31.8% del suministro mundial de energía. Los SO_x también están relacionados con el uso del carbón, lo que genera alrededor de dos tercios de las emisiones de SO₂, siendo el combustible fósil con el mayor contenido de azufre (Sayed y otros, 2021).

Con base en lo anterior, en la búsqueda de tener un proceso de combustión mas limpio y con ayuda obtenida de la empresa Calderas JCT que es la marca de la caldera con la que cuenta la empresa Guarnetex SAS se obtuvo la Tabla 2 de posibles biomazas que podrían utilizarse.

Tabla 2*Biomásas que se pueden utilizar en la caldera de la empresa Guarnetex SAS*

Combustible	Biomasa Sinesco	Biomasa Ecologista	Biomasa Garcabas	Biomasa Focolsa	Biomasa Cuesco	Carbón
Poder calorífico (BTU/KG)	13927	21780	18996	8712	15048	23760
Consumo combustible caldera 200 BHP (Kg/h)	616	394	450	985	570	361

*Nota: *BHP se refiere a los caballos de fuerza de una caldera o la potencia de la caldera en caballos de fuerza. *BTU es una unidad de energía utilizada en sistemas de generación de vapor.*

En la Tabla 2 se consideraron algunas biomásas y se compararon con el carbón para determinar cuál de estas resulta más conveniente para realizar la transición recomendada. La biomasa de las empresas Ecologista, Garcabas y Trade tienen un poder calorífico más cercano al del carbón, por lo tanto, como se ve en la última fila de la Tabla 1 el consumo para la caldera de la empresa Guarnetex SAS de 200 BHP en Kg/h será menor que el de las otras, por lo que se consideraron como las opciones más viables para pedir las respectivas cotizaciones y seguir con el desarrollo del presente trabajo.

5.2.1 Cotización 1

La primera cotización que se obtuvo fue de la empresa Oils and Biomass Trade, que ofreció raquis de palma, el cual es un material lignocelulósico con 1 a 2,5% de aceite vegetal impregnado que constituye uno de los subproductos orgánicos generados en la industria de la fabricación de aceite de palma africana. Esta biomasa es diferente a la recomendada en la Tabla 1 por la empresa Calderas JCT que era cuesco o cascarilla de palma, ya que esta última no estaba disponible. Estos tipos de biomásas como el cuesco y el raquis que son residuos de plantaciones de palma, se pueden utilizar para la generación de energía y sustitución de combustibles para las empresas, aunque el cuesco tiene mayor poder calorífico, menor humedad, menos contenido de azufre, siendo la más ideal para la transformación de energías renovables, las dos biomásas son aprovechables (Torres Perez & Quintero Lopez, 2019).

5.2.2 Cotización 2

La segunda cotización que se obtuvo fue de la empresa Garcabas. La biomasa recomendada en la Tabla 1 eran Pellets, en la cotización no ofrecieron este producto debido a que ya se tenía la producción comprometida con otras empresas, por consiguiente, ofrecieron Briquetas, el cual es un biocombustible fabricado a partir de residuos de café y eco-potenciador ecológico. Diferentes estudios demuestran la importancia que han tenido los desechos del café como fuente energética sostenible, ya que es materia prima que no requiere ser comprada y no afecta el medio ambiente, aunque el poder calorífico de las briquetas no supera al del carbón, presenta buenos rendimientos y surge como un buen sustituto para estos combustibles tradicionales (Moreno-Arias y otros, 2021).

5.2.3 Cotización 3

La tercera cotización que se pidió fue de la empresa Ecológica, de esta empresa no se obtuvo cotización, debido a que ya no estaban manejando biomasa, sino un CDR llamado Ecofuel, estos son combustibles sólidos, líquidos o gaseosos producidos a partir de residuos peligrosos, no peligrosos o inertes que son destinados a la valorización energética. La empresa Ecológica indicó que el combustible que estaban desarrollando no lo podían ofrecer para la caldera de la empresa Guarnetex, ya que no cumplía con las características de combustión que requería la caldera. Por lo tanto, se descartó esta opción para el desarrollo de este trabajo.

5.2.4 Viabilidad ambiental

Ahora bien, con los datos obtenidos de las cotizaciones se elaboró la Tabla 3 y se realizó una comparación de estas con los datos del carbón que se utiliza en la empresa para determinar la biomasa mas conveniente para el cambio en términos de viabilidad ambiental.

Tabla 3

Comparación parámetros del carbón utilizado en la empresa Guarnetex SAS con las biomásas cotizadas

Carbón que utiliza la empresa			Biomasa Raquis		Biomasa Briquetas	
Ensayo	Resultado	Unidades	Resultado	Unidades	Resultado	Unidades
Humedad relativa	9,34	% en masa	-	-	-	-
Humedad total	13,20	% en masa	<37	% en masa	6,15	% en masa
Cenizas	7,30	% en masa	6,5	% en masa	12,88	% en masa
Materia volátil	39,20	% en masa	-	-	70,54	% en masa
Carbono fijo	44,16	% en masa	-	-	16,58	% en masa
Azufre total	0,43	% en masa	-	-	0,79	% en masa
Poder calorífico bruto	24830	J/g	-	-	17658	J/g
Poder calorífico bruto	5931	Kcal/Kg	4275	Kcal/Kg	4270	Kcal/Kg

Nota: Los datos para el carbón se tomaron de un análisis realizado por el laboratorio de carbones de la Universidad Nacional de Colombia, los de la biomasa Raquis de la cotización 1 enviada por la empresa Oils and Biomass Trade y los de la biomasa Briquetas de un análisis realizado por el laboratorio SGS Colombia enviado en la cotización 2 por la empresa Garcabas.

De los datos observados en la Tabla 3 se evidencia que de la biomasa Raquis se tiene muy poca información para realizar una comparación de viabilidad ambiental. Ahora si se compara la biomasa Briquetas con el carbón, se encuentran valores como la húmeda total que indica que esta biomasa enciende con mayor facilidad y genera menos humo, un valor de carbono fijo considerablemente menor lo que indica reducciones importantes de emisiones de CO₂, un mayor porcentaje(%) de materia volátil que indica que tendrá una combustión más fácil y llamas más duraderas, referente a la ceniza se tendría un poco más de generación y las emisiones de azufre total serían mayores, pero este último valor al ser una diferencia tan pequeña no afectaría en gran medida el cambio, encontrando que el combustible alternativo más conveniente para el cambio en términos de viabilidad ambiental sería la biomasa Briquetas.

5.2.5 Viabilidad económica

Ya se determinó y recomendó la biomasa más conveniente para el cambio de combustible por uno más amigable con el medio ambiente que era lo que se buscaba principalmente con el desarrollo de este trabajo. Ahora bien, se realizará un análisis de viabilidad económica como se observa a continuación en la Tabla 4. Cuando se compara el poder calorífico de ambas biomásas contra el del carbón mostrados anteriormente en la Tabla 3 es evidente que el del carbón es mayor,

por lo que se necesitaría una cantidad mayor de kilogramos de las biomásas para suplir lo requerido por la caldera.

Tabla 4

Comparación viabilidad económica

	Consumo mensual (Kg)	Precio x Kg	Precio mensual
Carbón	67410	\$ 485	\$ 32.693.850
Raquis	100000	\$ 310	\$ 31.000.000
Briquetas	100000	\$ 1.350	\$ 135.000.000

Nota: El consumo de carbón se sacó de un promedio mensual de lo que va del año 2022 de una bitácora de consumo diario llevada por los operarios de la caldera de la empresa Guarnetex SAS, el consumo de las biomásas fue el valor recomendado por la empresa Calderas JCT que se gastaría la caldera basándose en su conocimiento del uso de combustibles alternativos en calderas de otras empresas con las que trabajan, el precio del carbón es el dado por el proveedor para el mes de mayo, los precios de las biomásas fueron tomados de las respectivas cotizaciones ofrecidas por las empresas para la cantidad de 100 toneladas.

Teniendo en cuenta los datos mostrados anteriormente se evidencia que la biomasa Briquetas no representa viabilidad económica, ya que el precio mensual que se tendría excede al del carbón aproximadamente en un 400%, por el contrario, con la biomasa Raquis se tendría un ahorro mensual de \$1.693.850, lo que demuestra que el combustible alternativo más conveniente para el cambio en términos de viabilidad económica sería la biomasa Raquis. Este análisis de viabilidad es representativo solo para las cotizaciones mencionadas en este trabajo, ya que las empresas cotizadas comentaron que están en la búsqueda de aumentar su producción, por lo que los costos de las biomásas se reducirían considerablemente.

También se debe tener en cuenta que con el carbón se tiene una gran desventaja que es la incertidumbre de los precios de este mineral, que ha venido en aumento en los últimos meses del año, sumado a la poca fiabilidad del abastecimiento que viene con los aumentos, la reducción del suministro y la sobreexplotación de los yacimientos, por lo que con el paso del tiempo va a ser cada día más viable económicamente el uso de este tipo de combustibles alternativos.

5.3 Aislamiento de tuberías

En busca de mejorar las instalaciones operativas de los procesos en la empresa Guarnetex SAS, se recomienda aislar las tuberías que conducen el vapor generado y el condensado que regresa de las máquinas de tintorería hacía la caldera. Realizar el aislamiento de éstas tuberías es esencial por varias razones:

- Para asegurar la estabilidad térmica del elemento transportado y alcanzar mayor seguridad en el proceso.
- Para ofrecer aislamiento térmico lo cual mejora la eficiencia energética, reduce la pérdida de calor y disminuye las emisiones de CO₂.
- Por razones de seguridad – para proteger el personal de superficies calientes.
- Para ofrecer una protección pasiva contra el fuego con el fin de mejorar la seguridad en la planta

Las soluciones de aislamiento de coquillas de lana mineral para tuberías podrían ser una solución para responder a todos estos requisitos, ya que aseguran un aislamiento térmico, y contra incendios (ISOVER, 2022).

6. Conclusiones

La energía es uno de los recursos más relevantes para las industrias, debido al aumento de consumo y a la escasa matriz energética que se tiene, la eficiencia energética está tomando un papel muy importante en la búsqueda de tener procesos o tecnologías más sostenibles que ayuden a solucionar esta problemática. Por lo que las oportunidades de mejora identificadas en el presente trabajo tienen gran relevancia y deberían ser llevadas a cabo lo más pronto posible.

Con la ejecución de las oportunidades de mejora recomendadas en este trabajo, la empresa Guarnetex SAS lograría obtener eficiencia energética, ahorro en el consumo y también ayudaría a la preservación del medio ambiente, al tener un uso adecuado o consciente del recurso energético. También es importante recalcar que se podría lograr eficiencia energética con medidas que no implican ningún costo de inversión, por ejemplo, la concientización sobre un uso adecuado del recurso energético en los diferentes procesos y del personal de la empresa.

Es importante que no se relacione la eficiencia energética solo con lo económico, sino que se relacione con otros factores como lo son la disminución de emisiones de los gases de efecto invernadero, cambio climático y producción sostenible, que son los factores más importantes a tener en cuenta cuando se busca implementar medidas que aumenten la eficiencia energética.

El análisis de la determinación de la biomasa más conveniente a utilizar como combustible alternativo a cambio del carbón, indica que es ambientalmente factible para diferentes tipos de biomásas, a pesar del reto que implica realizar dichos cambios. No obstante, se deben realizar pruebas en la caldera de la empresa Guarnetex SAS utilizando diferentes tipos de biomásas para obtener información experimental representativa, ya que no se cuenta con información suficiente del uso de estas biomásas en la industria textil y que cada biomasa tiene una composición diferente.

La oportunidad de mejora planteada del aislamiento de las tuberías de vapor y condensado de la caldera, además de contribuir a la búsqueda de la eficiencia energética del proceso, de ser implementada lograría contribuir a la disminución de consumo de combustible al mantener el vapor en las tuberías y por ende disminuir las emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x. Con esto también se podría reducir la demanda de vapor hacia la caldera, en base a esto se disminuirían los costos energéticos, como los de mantenimiento del equipo.

7. Referencias

- Alcántara Escolano, V., & Padilla Rosa, E. (2021). Análisis de las emisiones de CO₂ y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo. *Revista de Economía Crítica*, 2(4), 17-37. <https://tinyurl.com/3t2jw7y3>
- AMVA. (10 de Junio de 2022). *EFICIENCIA ENERGÉTICA*. Área metropolitana Valle de Aburrá: <https://tinyurl.com/3629bud9>
- Ardila Meléndez, M. F., & Tovar Londoño, A. I. (2022). *FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LA FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <https://tinyurl.com/mw2w8vd3>
- Departamento de Construcción Arquitectónica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. (2006). *Manual de Iluminación*. España. <https://tinyurl.com/5cs5pf6z>
- Editorial Etecé. (15 de julio de 2021). *Combustibles alternativos*. Concepto: <https://concepto.de/combustibles-alternativos/>
- Fernandez, J. (2003). *Biomasa : energías renovables para todos*. Madrid: Thomson-Paraninfo.
- Fouad Al-Mansour, J. Z. (2010). An evaluation of biomass co-firing in Europe. *Biomass and Bioenergy*, 34(5), 620-629. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.01.004>
- Galvis Martinez, J. F., Torrado Gómez, L. M., Serrano Guzmán, M. F., Solarte Vanegas, N. C., & Perez Ruiz, D. D. (2022). Energy from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions. *Lámpsakos*, 23, 70-78. <https://doi.org/https://doi.org/10.21501/21454086.3457>
- Gómez, J. F. (2021). *EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL*. FUNDACIÓN DEUSTO. <https://tinyurl.com/2s4ve2vt>
- IEA. (10 de Junio de 2022). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*. International Energy Agency: <https://tinyurl.com/4nv25hdj>
- IEA. (14 de Febrero de 2022). *Coal*. International Energy Agency: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/coal>
- IEA. (10 de Junio de 2022). *Coal-fired power is not on track*. International Energy Agency: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/coal>
- ISOVER. (2022). *AISLAMIENTO DE TUBERÍAS*. <https://tinyurl.com/y9f4uzhd>

- McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83(1), 37-46. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00118-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00118-3)
- MGM International. (2018). *Manual para la evaluación de inversiones en eficiencia energética en el sector textil. Dirigido a: Instituciones Financieras*. CAF. <https://tinyurl.com/3xhnrna3>
- Moreno-Arias, C. A., Chamarraví-Guerra, O., Navarro-Árquez, E. -F., & Jiménez-Jiménez, M. -F. (2021). Panorama internacional del uso de la borra de café como biocombustible sólido. Revisión de estudios a nivel mundial. *Gestión y Ambiente*, 24(2), 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/ga.v24n2.95261>
- Salas C, G., & Condorhuaman C, C. (2009). HUELLA DE CARBONO EN LA INDUSTRIA TEXTIL. *Revista Peruana De Química E Ingeniería Química*, 12(2), 25-28. <https://tinyurl.com/bdck7zt6>
- Santillán, V., & Romario, J. (2021). Ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de biomasa natural y carbón mineral: una revisión sistemática. *Repositorio de la Universidad César Vallejo*. <https://tinyurl.com/2p8nrnd3>
- Sayed, E., Wilberforce, T., Elsaid, K., Hussien Rabaia, M. K., Abdelkareem, M. A., Chae, K.-J., & Olabi, A. (2021). A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal. *Science of The Total Environment*, 766. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144505>
- Teske, S., Pregger, T., Simón, S., Naegler, T., Graus, W., & Lins, C. (2011). Energy [R] evolution 2010—a sustainable world energy outlook. *Energy Efficiency*, 4(3), 409-433. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12053-010-9098-y>
- Torres Perez, C. I., & Quintero Lopez, L. A. (2019). Análisis de residuos sólidos de palma africana, como alternativa de aprovechamiento de energías renovables en el departamento del Cesar. *Ingenierias USBmed*, 10(1), 8-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.21500/20275846.3662>
- U.S. Department of Energy. (2014). *Consejos sobre el ahorro de dinero y energía en el hogar*. Energy Efficiency & Renewable Energy. <https://tinyurl.com/ycy3pkmb>
- UPME. (10 de Junio de 2022). *Proyectos de eficiencia energética*. Unidad de Planeación Minero Energética: <https://tinyurl.com/5284k624>
- Vidorreta, D. (05 de enero de 2021). EL IMPACTO DEL SECTOR TEXTIL Y SUS RESIDUOS EN EL MEDIO AMBIENTE. *Residuos profesional*. <https://tinyurl.com/ys52fv86>