

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
SEDE CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS



Título: Estudio preliminar para la implementación de un Sistema de Gestión Energética según la norma NC ISO 50001 hasta la etapa de planificación energética en la “Papelera Damují”

Autor: Jaime Leandro Suárez Reyes.

Tutores: MSc. Jorge Luis Cabrera Sánchez.

Dr. Francisco Puerta Fernández.

“Año 61 de la Revolución”.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaración de Autoridad.

Por este medio hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos Sede “Carlos Rafael Rodríguez”, como parte de la culminación de los estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica, autorizando además que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial o total; y por tanto no podrá ser presentado en eventos, ni publicado sin la aprobación de la institución y el autor.

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico Técnico

Nombre y Apellidos. Firma.

Vice Decano.

Firma del Tutor. Nombre y Apellidos.
Firma.

Sistema de Documentación y Proyecto.

Nombre y Apellido. Firma.

Pensamiento:

“Nosotros no estamos esperando que nos caiga el maná del cielo y que aparezca mucho petróleo, porque hemos descubierto, afortunadamente, algo mucho más importante, el ahorro de energía, que es como encontrar un gran yacimiento.”

Fidel Castro

Ruz

5 de mayo

del 2006

Dedicatoria:

A mi madre que me lo ha dado todo, a mi hermana, a mi novia, a mi familia y a todo aquel que siempre estuvo ahí para mí.

Agradecimientos

Agradezco a mi madre por todo el amor incondicional que me ha dado, a mi hermana Francis, a mamá Elisa y mis dos hermanas Yadanna y Yanaira por todo el apoyo que siempre me han dado y su amor sin barreras, a mi familia, a mi nueva familia, a mi novia, a mi tutores, a Jorge Luis que me ha sabido guiar y educar, que me ayudó incluso más de lo que merezco, a mis amigos, a los que me han acompañado toda la vida, a los que conocí en el camino y llegamos juntos al final, a mis profesores gracias por todo lo aprendido, consejos y alones de orejas y a todas aquellas personas que de una forma u otra han permitido que forme parte de su vida. Gracias.

Esta investigación fue realizada en la UEB Papelera Damují, tiene como objetivo realizar un estudio del comportamiento energético de la papelera y proponer la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía según los requisitos de la norma NC ISO 50001 hasta la etapa de planificación energética. Con la realización de este trabajo se caracteriza la gestión energética, lográndose identificar y analizar los equipos y áreas mayores consumidores, así como el análisis de los portadores energéticos que se utilizan en el proceso de fabricación de papel. Se establecieron la línea base energética en función de la energía eléctrica y el fuel oil consumido por toneladas de producción y la línea meta energética. Se propone un plan de medidas con el fin de disminuir el consumo de portadores energéticos y que su monitoreo, control y mejora continua según la norma permitan un uso eficiente de la energía. Se realiza un análisis de prefactibilidad técnica de un sistema de cogeneración, obteniendo como resultado la selección de una turbina a extracción condensación capaz de satisfacer el 16 % de la demanda de la nueva planta.

Palabras claves: Cogeneración, Eficiencia energética, energía, gestión energética.

Abstract

This research was carried out at the UEB Papelera Damují, with the objective of carrying out a study of the energy behavior of the paper mill and proposing the implementation of an Energy Management System according to the requirements of the NC ISO 50001 standard up to the energy planning stage. With the realization of this work, energy management is characterized, identifying and analyzing the equipment and major consuming areas, as well as the analysis of the energy carriers used in the paper manufacturing process. The energy base line was established in terms of electric energy and fuel oil consumed by production tons and the energy target line. A plan of measures is proposed in order to reduce the consumption of energy carriers and that their monitoring, control and continuous improvement according to the norm allow an efficient use of energy. A technical prefeasibility analysis of a cogeneration system is carried out, obtaining as a result the selection of a condensation extraction turbine capable of satisfying 16% of the demand of the new plant.

Keywords: Cogeneration, energy efficiency, energy, energy management.

ÍNDICE

Introducción.....	10
Capítulo 1: Gestión Energética y Cogeneración en la producción de papel.....	13
1.1 Producción de papel en Cuba y el mundo y sus consumos energéticos.....	13
1.2. Sistemas de Gestión de la Energía.	15
1.2.1. Generalidades del ahorro de energía en el mundo.	15
1.2.2. Uso eficiente de la energía.	15
1.2.3. Algunos conceptos básicos de gestión energética.	18
1.2.4. Errores que se cometen en la gestión energética.	19
1.2.5. Barreras que se oponen a la gestión energética.	19
1.2.6. Etapas en la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía.	20
1.2.7. Introducción a la Norma ISO 50001	20
1.3. Sistemas de Cogeneración y su influencia en el ahorro de energía.	22
1.3.1 Aplicaciones de los sistemas de Cogeneración.	22
1.3.2 Beneficios e Inconvenientes de los Sistemas de Cogeneración.	23
1.3.3. Esquema básico de un sistema de cogeneración.	25
1.3.4. Criterios de selección de la tecnología.	30
1.4. Marco Regulatorio en el sector papelero cubano.....	31
1.4.1. Norma ISO 50001 para los Sistemas de Cogeneración en Fábricas de Papel.	31
1.4.2 Requisitos Legales.	32
Conclusiones del Capítulo	34
Capítulo 2: Evaluación preliminar del sistema de gestión de la energía en la papelera Damují.....	35
2.1. Descripción del flujo tecnológico por etapas.....	35
2.2. Requisitos generales NC ISO 50001:2011.....	37
2.3. Responsabilidad de la dirección. Alta dirección.	39
2.3.1. Responsabilidad de la dirección.	39
2.3.2. Representante de la alta dirección. Equipo de gestión.	40
2.4. Política energética.....	40
2.5. Planificación energética.....	41
2.5.1. Requisitos legales.	41
2.5.2. Revisión energética.	41
2.5.3. Línea de base energética.	65
2.5.4. Indicadores de desempeño energético IDEn.	69

2.5.5. Objetivos energéticos y metas energéticas.....	72
Conclusiones Parciales.....	74
Capítulo 3: Cálculo y selección de una turbina de vapor para la nueva planta de papel de ``La Papelera Damují ``.....	75
3.1 Descripción del flujo tecnológico de la nueva planta.....	75
3.2. Análisis de prefactibilidad técnica.....	80
3.2.1. Alternativas seleccionadas.....	81
3.2.2. Cálculos para la turbina a contrapresión.....	82
3.2.3. Cálculos para la turbina a extracción condensación.....	83
3.3.4. Evaluación del rendimiento global del sistema de cogeneración (eficiencia energética).....	85
Conclusiones del capítulo.....	87
Conclusiones.....	88
Recomendaciones.....	89
Bibliografía.....	90
Anexos.....	92

INTRODUCCIÓN.

La energía es, un recurso material que puede ser transformado en bienes y servicios útiles, que son, a fin de cuentas, los objetivos finales de su utilización por la humanidad. Estas transformaciones se consiguen en dispositivos e instalaciones de función especializada, que permiten convertir unas formas de la energía en otras, y éstas en los resultados perseguidos. Por otro lado, la energía se transporta y transmite mediante fluidos y otros vehículos materiales llamados portadores energéticos, que también sufren transformaciones en el proceso de utilización de la energía.

En la actualidad, la generación de bienes y servicios en nuestra sociedad se basa fundamentalmente en el consumo de combustibles fósiles no renovables, como el petróleo. Sin embargo, es previsible el agotamiento de estos combustibles fósiles y el daño irreversible que se ocasiona al medio ambiente, prestar atención a la elevación de la eficiencia energética es trascendental en estos momentos donde la tendencia a el encarecimiento de la energía y al agotamiento de los recursos hídricos obliga a utilizarlos cada vez de manera más racional y eficiente. Es por ello que en el sector energético estamos comprometidos en el desarrollo de una política integral que, además de promover la utilización de energías alternativas, haga especial énfasis en los programas de ahorro y uso eficiente de la energía, que permitan satisfacer las necesidades energéticas de la generación actual.

Se conoce que la mejor fuente de energía es aquella que se ahorra, y la mejor forma de lograr este objetivo está basado en la mejora continua de la eficiencia energética, ya que no requiere gastos adicionales de energía primaria y no produce contaminación adicional, sino que contribuye a su mitigación mediante la sustitución de cantidades apreciables de energía primaria que de otra forma hubiera sido preciso utilizar. La aplicación de sistemas de suministro basados en la cogeneración o trigeneración implica un enfoque racional que con frecuencia conduce a notables disminuciones del consumo de energía primaria en el sector industrial y también en el sector terciario.

Cuba en los últimos años ha ido diversificando su matriz energética, introduciendo un mayor uso de las fuentes renovables de energía y buscando una distribución descentralizada de las mismas con la implantación de una nueva política energética cubana a través de la llamada Revolución Energética

en Cuba en 2004, como resultado de las medidas adoptadas a través de los diferentes programas de la política energética, cambio de electrodomésticos de menor consumo eléctricos, auditorías energéticas, modelación de nuevas tarifas a los diferentes sectores del país, implantación de bancos de transformadores para las líneas eléctricas, etc. Debido al largo proceso de transformación del sistema energético cubano desde el 2004, con altos índices de mejoras eléctricas y de inversiones monetarias, el país aún apuesta por la utilización de sistemas renovables y de cogeneración debido a que todavía no se ha explotado completamente estas fuentes en cada sector del país. El conocimiento y aplicación de proyectos sobre la base de mejorar la eficiencia energética ha de elevarse, ya que cualquier ahorro y aprovechamiento de energía decanta en la economía energética del territorio. Por eso, la implementación de un sistema de gestión energética basado en las normas internacionales, en este caso en el sector papelero, específicamente en la Papelera Damují ubicada en el municipio de Abreus contribuye a elevar la eficiencia energética de la planta y del país.

Problema científico:

La “Papelera Damují” no cuenta con un sistema de gestión de la energía que cumpla con los requisitos de la norma NC ISO 50001 que le permita lograr un mejoramiento continuo de su desempeño energético.

Hipótesis:

Si se realiza un estudio sobre la situación energética de la planta papelera Damují, se podrán establecer las bases que permitan desarrollar un Sistema de Gestión de la Energía basado en el cumplimiento de la norma ISO 50001.

Objetivo General:

Desarrollar una propuesta para la implementación de la norma ISO 50001 hasta la etapa de planificación energética, que permita una mejora del desempeño energético actual, reducir el costo de la energía, y su impacto en el costo de la producción de la ``Papelera Damují ``.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar el estado actual del Sistema de Gestión de la Energía de la papelera en relación con los requisitos que establece la norma ISO 50001.
2. Desarrollar una revisión energética en la empresa papelera para la determinación de los usos y consumos significativos de la energía, la determinación de las líneas bases y los indicadores del desempeño energético.
3. Identificar las oportunidades para la mejora del desempeño energético.
4. Evaluar la prefactibilidad técnica para la aplicación de un sistema de cogeneración.

CAPÍTULO 1: GESTIÓN ENERGÉTICA Y COGENERACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PAPEL.

1.1 Producción de papel en Cuba y el mundo y sus consumos energéticos

La materia prima ocupa un punto clave en la producción de papel. La madera de las coníferas está constituida por fibras largas y resistentes con las que se logra formar una compleja malla entretrejida que propicia una adecuada formación de papel en máquina. En Europa y los países nórdicos se utilizan fundamentalmente abetos y pinos, ya que sus fibras ofrecen las características más ventajosas para los procesos de fabricación de papel. (Grupo SCA, 2010)

En las fábricas de pasta y papel se transforma la fibra celulosa (ya sean troncos o astillas) en productos papeleros acabados. Este proceso de fabricación precisa miles de litros de agua por cada tonelada de material acabado y distintas sustancias químicas que descomponen la madera en fibras utilizables, procesos todos ellos que requieren una enorme cantidad de energía. Los principales factores a considerar en la producción del papel son los siguientes:

- Materia prima utilizada en la producción.
- Agua y aire (Consumo y contaminación potencial).
- Agentes químicos utilizados en el blanqueamiento.
- Consumo de energía.
- Condiciones de trabajo seguros para los empleados.

Etapas del proceso tecnológico de una fábrica de papel.

Las etapas en el proceso de elaboración del papel son las mismas para todo tipo de fábrica papelera, sus diferencias están dadas en la materia prima, en la forma en la que se prepara la pasta, dependiendo esta del tipo de papel que buscan hacer y también de los equipos que se usan. Generalmente, estas son las etapas del proceso tecnológico en la producción de papel.

- Desfibrado
- Preparación de pasta
- Parte Húmeda
- Parte Seca

- Bobinado

En la fig. 1.1 se muestra un esquema general de la secuencia tecnológica que se sigue durante un proceso típico de producción de papel.

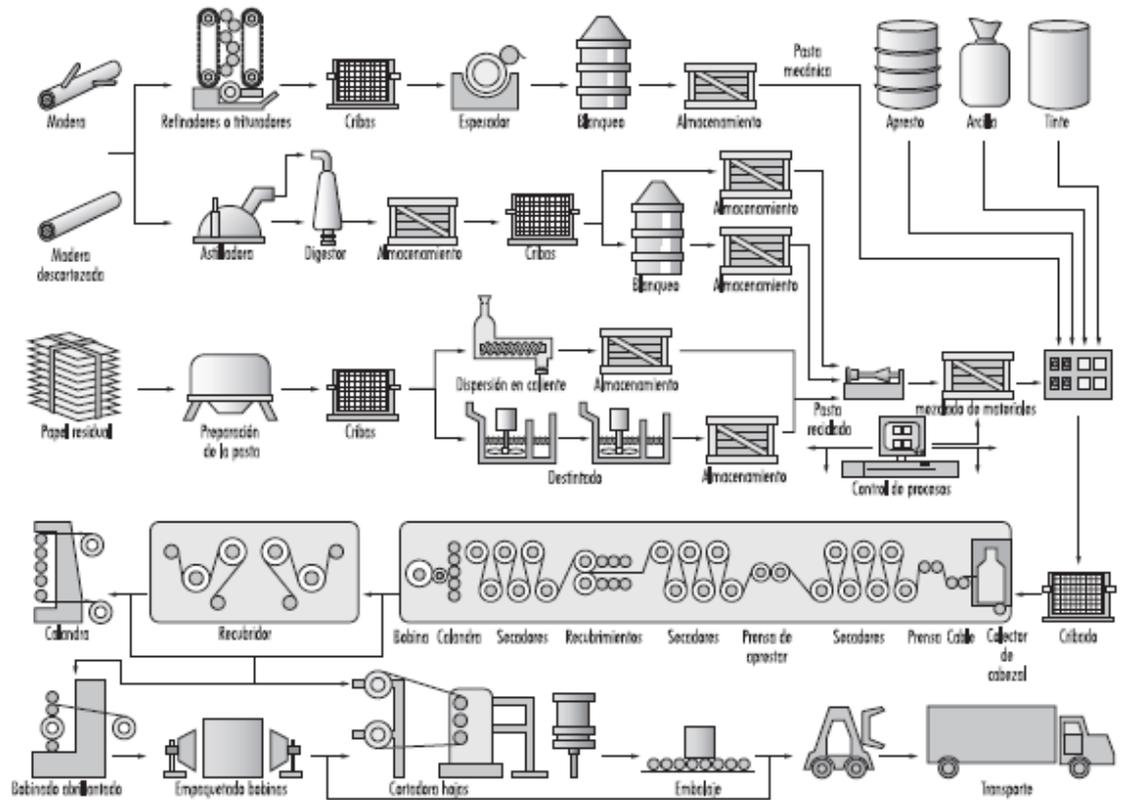


Figura 1.1: Secuencia de procesos en las operaciones de fabricación de pasta y de papel. (Perfil General)

En Cuba se usa la fibra recuperada como materia prima, ya que brinda una utilidad tanto económica como medioambiental, y las diferentes plantas existentes en el país, según sus condiciones tecnológicas y otros factores realizan producciones de diferentes tipos de papeles. La papelera Damují de Cienfuegos específicamente se dedica a la producción de medio para ondular (Papel corrugado) y el cartoncillo semi químico (Cartulina).

1.2. Sistemas de Gestión de la Energía.

1.2.1. Generalidades del ahorro de energía en el mundo.

En los países desarrollados, el consumo de energía en los últimos veinte años, no ha crecido como se había previsto, sino que ha disminuido. Las industrias fabrican sus productos empleando menos energía; los aviones y los coches consumen menos combustible por kilómetro recorrido y se gasta menos combustible en la calefacción de las casas porque los aislamientos son mejores. Se calcula que desde 1970 a la actualidad se usa un 20% de energía menos, de media, en la generación de la misma cantidad de bienes. En cambio, en los países en desarrollo, aunque el consumo de energía por persona es mucho menor que en los desarrollados, la eficiencia en el uso de energía no mejora. Sucede esto, entre otros motivos, porque muchas veces las tecnologías que implantan son anticuadas. (Los Sistemas de Gestión Energetica, 2011)

1.2.2. Uso eficiente de la energía.

Es imprescindible reducir la dependencia de nuestra economía del petróleo y los combustibles fósiles. Es una tarea urgente, según muchos de los estudiosos del ambiente, porque la amenaza del cambio climático global y otros problemas ambientales son muy serios, porque a medio plazo, no podemos seguir basando nuestra forma de vida en una fuente de energía no renovable que se va agotando. Además, esto lo debemos hacer compatible, por un deber elemental de justicia, con lograr el acceso a una vida más digna para todos los habitantes del mundo. (Cruz, 2015)

Cada vez es mayor el número de organizaciones, tanto públicas como privadas, que son conscientes de que una reducción de los consumos de energía, así como la utilización de fuentes de energía alternativas a las tradicionales, menos agresivas con el medio ambiente, son algunas de las medidas más favorables con las que contribuir con los compromisos de reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero. (Los Sistemas de Gestión Energetica, 2011)

Se reconoce la existencia de diferentes definiciones de gestión energética en una organización. (Lapido Rodríguez, 2015) define la gestión energética o administración de energía, como un subsistema de la gestión empresarial que abarca las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial, que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas, a partir de entender la eficiencia energética como el logro de los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible y la mínima contaminación ambiental por este concepto.

Esta actitud ambientalmente responsable no es incompatible con la necesidad de hacer más competitivas a las organizaciones, es decir, sin perjudicar la calidad de los productos y servicios que ofrecen. También son conocidos los esfuerzos realizados por los fabricantes de máquinas y equipos cada vez más eficientes desde el punto de vista energético. Es necesario, por ello, completar estas acciones con la consideración por parte de las organizaciones de la optimización de los consumos energéticos de instalaciones y sistemas de forma integrada, maximizando la eficiencia energética de las mismas.

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía necesaria para garantizar la calidad total, es parte del conjunto de problemas que afectan a la competitividad de las empresas. (Los Sistemas de Gestión Energética, 2011)

La realidad energética mundial sufre cambios importantes que nos obligan a mantener un conocimiento actualizado para que la toma de decisiones impulse la competitividad y el desarrollo económico de los países. Un cambio en el panorama de la oferta y la demanda de petróleo, el aumento de la explotación de petróleo, así como un manejo más eficiente de la energía caracterizan el panorama energético del futuro. (Cruz, 2015)

La demanda mundial de energía aumentará hasta el 2035 en alrededor de un tercio, del cual un 60 por ciento provendrá de China, India y Cercano Oriente. Acorde con las predicciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA), los recursos fósiles seguirán dominando la producción global de energía.

En la actualidad, el desarrollo del sector energético se ha convertido en una condición para el crecimiento económico de los países debido a la estrecha relación que existe entre el crecimiento del producto interno bruto y la demanda

de energía de cada país. El incremento en el nivel de vida de la población, ha generado un aumento persistente de la demanda energética. La naturaleza finita de los recursos ha obligado a buscar una mayor eficiencia en la producción y el uso de la energía; así como a desarrollar el potencial del uso de fuentes de energía no fósiles. (Cruz, 2015)

(Borroto, 2002) en su trabajo “Gestión Energética Empresarial” señala que el manejo de la energía y la eficiencia en su utilización recobra importancia desde hace muchos años. Sin embargo, es muy importante señalar que la alta dirección de una organización debe asegurar una adecuada gestión energética a partir de efectuar la aplicación de varios principios, tales como:

- ✓ La gestión de la energía no es un sistema documental, sino un procedimiento o metodología de ahorro, que debe contar con un plan de ahorro que desarrolle a su vez un sistema de gestión que garantice la mejora continua a partir de las oportunidades identificadas.
- ✓ Para el éxito y la consecución de un ahorro energético es imprescindible la capacitación; el compromiso y la motivación de los directivos y trabajadores de la empresa con el objetivo buscado.
- ✓ El costo energético debe controlarse en todas las áreas o departamentos de la organización. Es necesario concentrar los esfuerzos en el control de las principales funciones o consumos energéticos (procesos productivos, iluminación, entre otros aspectos).

Por tanto, se define un SGE (Sistema de Gestión Energética) como la parte del sistema de gestión de una organización dedicado a desarrollar e implantar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía.

Este tipo de sistema de gestión es un sistema paralelo a otros modelos de gestión (ISO 14001, ISO 9001, etc.) para la mejora continua en el empleo de la energía, su consumo eficiente, la reducción de los consumos de energía y los costes financieros asociados, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la adecuada utilización de los recursos naturales, así como el

fomento de las energías alternativas y las renovables. (Los Sistemas de Gestion Energetica, 2011)

1.2.3. Algunos conceptos básicos de gestión energética.

Lo más importante para lograr la eficiencia energética en una empresa no es solo que no exista un plan de ahorro de energía, sino contar con un sistema de gestión energética que garantice el mejoramiento continuo. (Planificar, Ejecutar, Verificar, Actuar).

- Es más importante un sistema continuo de identificación de oportunidades que la detección de una oportunidad aislada.
- Para el éxito de un programa de ahorro de energía resulta imprescindible el compromiso de la alta dirección de la empresa con esa administración.
- Debe controlarse el costo de las funciones o servicios energéticos y no el costo de la energía primaria.
- El costo de las funciones o servicios energéticos debe controlarse como parte del costo del producto o servicio.
- Concentrar los esfuerzos en el control de las principales funciones energéticas.
- Organizar el programa orientado al logro de resultados y metas concretas.
- Realizar el mayor esfuerzo dentro del programa a la instalación de equipos de medición.

(Los Sistemas de Gestion Energetica, 2011)

La certificación de un SGE se dirige a aquellas organizaciones que quieren demostrar que han implantado un sistema de gestión energética, hacen un mayor uso de energías renovables o excedentes, y/o han sistematizado sus procesos energéticos, buscando su coherencia con la política energética de la organización.

1.2.4. Errores que se cometen en la gestión energética.

- Se atacan los efectos y no las causas de los problemas.
- Los esfuerzos son aislados, no hay mejora integral en todo el sistema.
- No se atacan los puntos vitales.
- No se detectan y cuantifican adecuadamente los potenciales de ahorro.
- Se consideran las soluciones como definitivas.
- Se conforman creencias erróneas sobre cómo resolver los problemas.

1.2.5. Barreras que se oponen a la gestión energética.

- Las personas idóneas para asumir determinada función dentro del programa, se excusan por estar sobrecargadas.
- Los gerentes departamentales no ofrecen tiempo a sus subordinados para esta tarea.
- El líder del programa no tiene tiempo, no logra apoyo, o tiene otras prioridades
- La dirección no reconoce el esfuerzo del equipo de trabajo y no ofrece refuerzos positivos.
- La dirección no es paciente y juzga el trabajo solo por los resultados inmediatos.
- No se logra conformar un equipo con buen balance interdisciplinario o Interdepartamental.
- Falta de comunicación con los niveles de toma de decisiones.
- La dirección ignora las recomendaciones derivadas del programa.
- El equipo de trabajo se aparta de la metodología, disciplina y enfoque sistemático.
- Los líderes del equipo de trabajo son gerentes e inhiben la actuación del resto de los miembros.

Las direcciones estratégicas en los programas de uso racional de la energía son:

1. El ahorro de energía, entendiéndose por ello la eliminación del despilfarro, de uso innecesario de la energía.
2. La conservación de energía, en el sentido de mejorar la eficiencia en los procesos de generación, distribución y uso final de la energía.

3. La sustitución de fuentes de energía, con el objetivo de reducir costos y mejorar la calidad de los productos.

1.2.6. Etapas en la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía.

En general, en todos los sistemas de gestión energética o de administración de energía se pueden identificar tres etapas fundamentales:

- Análisis preliminar de los consumos energéticos.
- Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía. (Planes de Acción)
- Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético. Debe señalarse que en muchos casos la administración de la energía se limita a un plan de medidas de ahorro de energía, no garantizándose el mejoramiento continuo.

1.2.7. Introducción a la Norma ISO 50001.

La Norma **ISO 50001** publicada en el 2011 sobre Sistemas de Gestión Energética, marca los requisitos para establecer, implantar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía.

El objeto de esta norma, es el de permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento en el uso de la energía, incluyendo la eficiencia e intensidad. (Los Sistemas de Gestión Energética, 2011)

Un Sistema de Gestión Energética:



Figura 1.2: Sistema de Gestión Energética. (ISO 50001. Sstemas de Gestión Energética, 2011)

La norma proporciona a las organizaciones, independientemente de su sector de actividad o su tamaño, una herramienta que facilita la reducción de:

- Los consumos de energía
- Los costos financieros asociados
- Las emisiones de gases de efecto invernadero

(ISO 50001. Sstemas de Gestión Energética, 2011)

La Norma Internacional ISO 50001:

- Especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía.
- Especifica los requisitos aplicables al uso y consumo de la energía, incluyendo la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuyen al desempeño energético.
- Se aplica a todas las variables que afectan al desempeño energético que puedan ser controladas por la organización y sobre las que pueda tener influencia. Esta Norma Internacional no establece criterios específicos de desempeño con respecto a la energía.
- Ha sido diseñada para utilizarse de forma independiente, pero puede ser alineada o integrada con otros sistemas de gestión.
- Es aplicable a toda organización que desee asegurar que cumple con su política energética declarada y que quiera demostrar este cumplimiento a otros. Esta conformidad puede confirmarse mediante una autoevaluación y autodeclaración de conformidad o mediante la

certificación del sistema de gestión de la energía por parte de una organización externa.

(ISO 50001. Sstemas de Gestión Energética, 2011)

1.3. Sistemas de Cogeneración y su influencia en el ahorro de energía.

El término cogeneración, es ampliamente utilizado y aceptado para describir tanto el concepto de producción simultánea y combinada de potencia (eléctrica y/o mecánica) y calor útil como para los propios equipos que intervienen en el proceso. (Petchers, 2003)

Es un sistema alternativo de alta eficiencia energética que permite reducir las facturas energéticas de los consumidores sin alterar su proceso productivo a partir del aprovechamiento de hasta un 84 % de la energía contenida en el combustible primario, para la generación de energía eléctrica y calor a proceso (25-30 % eléctrico y 59-54 % térmico) (Sala Lizarraga, 1994)

En otras palabras, los sistemas de cogeneración convierten la energía contenida en el combustible en 2 tipos de energía utilizables por la industria:

1. Energía mecánica y/o eléctrica.
2. Energía térmica, vapor útil o gases calientes para proceso.

Por ello el propósito principal de la cogeneración es lograr un mejor aprovechamiento de los combustibles primarios, por la cual se considera en los programas de ahorro de energía como una alternativa fundamental en los diferentes sectores productivos y especialmente en el sector papelerero por las posibilidades que brinda para su aplicación, y por los altos valores de consumo de combustibles primarios que se reportan en el sector.

1.3.1 Aplicaciones de los sistemas de Cogeneración.

La cogeneración se puede aplicar en toda instalación donde, además de la energía eléctrica, exista una demanda energética en forma de calor o frío.

El sector industrial ha sido tradicionalmente el sector con mayor penetración de la cogeneración. Las industrias idóneas para instalar plantas de cogeneración son aquellas con gran consumo térmico y muchas horas de funcionamiento.

Los sectores industriales donde más se utiliza la cogeneración son los siguientes:

- ✓ Pulpa y papel.
- ✓ Industrias químicas
- ✓ Industria petroquímica y de refino de petróleo.
- ✓ Industrias cerámicas
- ✓ Industria alimentaria
- ✓ Industria Azucarera
- ✓ Empresas de producción de CO₂. Tratamiento de residuos.
- ✓ Depuradoras y tratamiento de agua.
- ✓ El sector terciario.

1.3.2 Beneficios e Inconvenientes de los Sistemas de Cogeneración.

Según (Borroto Nordelo, Gonzalez , & De Armas, 2008) los sistemas de cogeneración ofrecen determinados beneficios, a la vez que presentan determinados inconvenientes en función de los intereses de la nación, los territorios o las empresas, según sea el caso.

Para la Nación.

Beneficios:

- Ahorro de energía primaria, tal como ya se ha indicado.
- Mayor diversificación energética gracias al aprovechamiento de calores residuales y combustible derivados del proceso.
- Disminución de la contaminación como resultado del menor consumo global de combustible.

- Ahorro económico debido al menor costo de generación, y, sobre todo, de distribución y de la calidad de la electricidad respecto a los sistemas convencionales.
- Desarrollo de un mercado de bienes de equipo nacionales, especialmente equipos auxiliares generadores de vapor, alternadores, transformadores.

Inconvenientes:

- Necesidades de una normativa adecuada para regular y resolver los numerosos posibles puntos conflictivos que pueden presentarse en las relaciones cogenerador-compañía eléctrica.
- Exigencia de una infraestructura adecuada para el correcto mantenimiento de las instalaciones.

Para la Industria.

Beneficios:

- Reducción de los costos de energía. Al utilizar el calor para la generación de potencia, los costos de la compra de energía eléctrica disminuyen considerablemente. Se ha estimado que la reducción en la facturación energética total puede alcanzar hasta un 50%.
- Más confiabilidad en el suministro de energía. Generando su propia energía, en su propia planta, le da más confiabilidad y autosuficiencia a su suministro de energía. Conectado en paralelo con la red eléctrica como respaldo.
- Mejora en la calidad de la energía suministrada. Se puede corregir inmediatamente cualquier desviación, fuera de lo normal, del voltaje o la frecuencia.

Inconvenientes:

- Inversión adicional y, además, en una actividad apartada de las líneas normales de actuación de la empresa. Por otra parte, se enfrenta con

riesgos poco conocidos para él, como la evolución de los precios de la electricidad, combustibles, etc.

- Aumento de la contaminación local, como consecuencia del mayor consumo de combustibles en la propia factoría (se entiende, para los ciclos de cabecera).

Para la Compañía Eléctrica.

Beneficios:

- Incremento en la garantía del suministro eléctrico.
- Posibilidad de rebajar la potencia de reserva.
- Utilización más económica de sus medios de producción al suministrar la cogeneración a aquellas centrales con costos de generación más altos.
- Construcción de nuevas centrales de forma incremental a pequeña escala, en lugar de construir grandes centrales en previsión de un incremento de demanda de energía a largo plazo incurriendo fácilmente en una sobreestimación.

Inconvenientes:

- Problemas de regulación de la red al conectar en paralelo de los equipos del generador con la red de distribución debido a los intercambios de energía entre ambos y a los posibles fallos de suministro de los equipos del cogenerador.
- Menor mercado. El cogenerador reduce el suministro de la compañía eléctrica con su propio autoabastecimiento y con la posible venta a la red o a terceros.

1.3.3. Esquema básico de un sistema de cogeneración.

Según (Gonzalez Perez), de acuerdo al orden o posición relativa de la generación de energía eléctrica y térmica se clasifican en:

- **Sistemas superiores. (Topping o de cabeza):** la energía primaria se emplea para obtener un fluido a alta temperatura, con el cual se genera energía eléctrica y/o mecánica, y el calor residual se utiliza en un

proceso. Estos sistemas son típicos en la industria del papel, petróleo, textil, alimentos, azúcar.

- **Sistemas inferiores. (bottoming o de cola):** La energía primaria se convierte en calor de proceso, y a partir del calor residual del mismo es que se produce energía eléctrica y/o mecánica. Es utilizado en la industria del cemento, vidrio, fundición.

1.3.3.1. Clasificación de un Sistema de Cogeneración de Acuerdo al Motor Primario.

Según(Borroto Nordelo, Gonzalez , & De Armas, 2008)se puede clasificar un sistema de cogeneración de acuerdo al motor primario en:

Turbina de Vapor a Contrapresión.

Se aplican principalmente en aquellas instalaciones en las que la necesidad de energía térmica respecto a la eléctrica es de 4 a 1 o mayor.

En estos sistemas, la energía mecánica se produce por la expansión del vapor de alta presión procedente de una caldera convencional. Históricamente, este ciclo fue el primero que se usó en cogeneración. Actualmente su aplicación ha quedado prácticamente limitada como complemento para ciclos combinados o en otras instalaciones que utilizan combustibles residuales, como biomasa y residuos. Dependiendo de la presión de salida del vapor de la turbina se clasifican en turbinas a contrapresión, en donde esta presión está por encima de la atmosférica, y las turbinas a condensación, en las cuales ésta está por debajo de la atmosférica y han de estar provistas de un condensador. Estos tienen niveles de eficiencias globales de 85 hasta 90 % ya que produce energía térmica del orden del 75 % pero con una baja relación de energía eléctrica/térmica de un 15 %. La aplicación típica de cogeneración es con turbina de vapor a contrapresión, siendo el vapor del escape de la turbina el que se envía al proceso, tal y como se muestra en la figura.

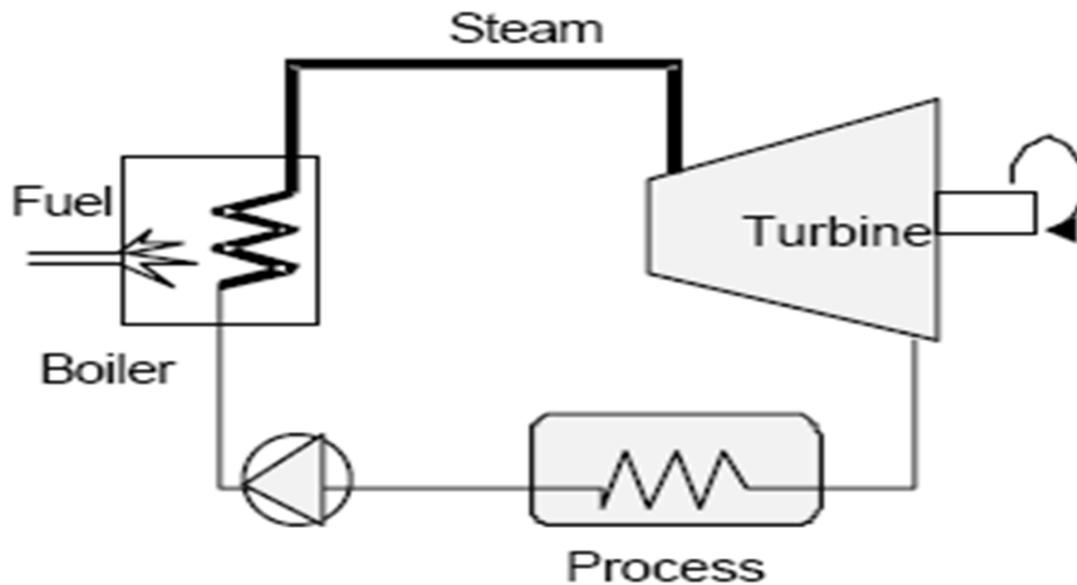


Figura 1.4: Turbina de Vapor a Contrapresión.

Turbina de Vapor a Extracción- Condensación.

En las turbinas de extracción - condensación, una parte del vapor puede extraerse en uno o varios puntos de la turbina antes de la salida al condensador, obteniendo así, vapor a proceso a varias presiones, mientras que el resto del vapor se expande hasta la salida del condensador. Estos sistemas se aplican principalmente en aquellas instalaciones en las que la necesidad de generar energía eléctrica es superior y es independiente a la demanda de vapor en el proceso.

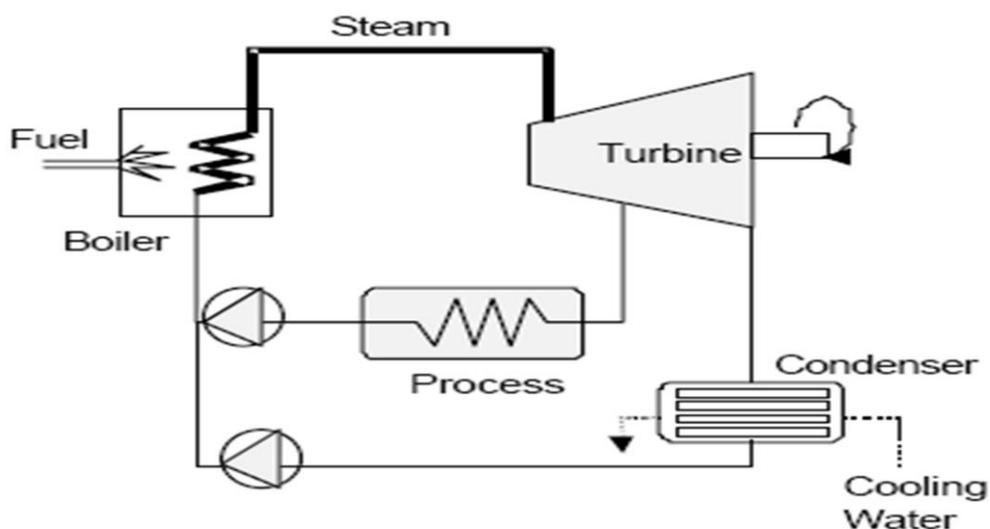


Figura 1.5: Turbina de vapor a extracción-condensación.

Turbina de Gas.

La cogeneración con turbina de gas resulta muy adecuada para los procesos en los que se requiere de una gran cantidad de energía térmica. Su rendimiento eléctrico es normalmente inferior al de los motores alternativos, pero presentan la ventaja de que permiten una recuperación fácil del calor, que se encuentran a temperaturas de unos 773,15 a 923,15 K, idónea para producir vapor en una caldera de recuperación.

Cuando se presenta en el denominado ciclo simple, el sistema consta de una turbina de gas y una caldera de recuperación, generándose vapor directamente a la presión de utilización en la planta de proceso asociado a la cogeneración. Su aplicación es adecuada cuando las necesidades de vapor son importantes (>10 t/h), además de que su eficiencia global y conversión de la energía se encuentran entre el 80 % y el 27 % respectivamente.

Existe la posibilidad de aprovechar directamente el calor de los gases de escape sin hacerlos pasar por una caldera. Los gases de escape pueden ser utilizado en aplicaciones tales como secaderos, bien aplicando directamente el gas de escape sobre el material a secar o a través de un intercambiador gas-aire.

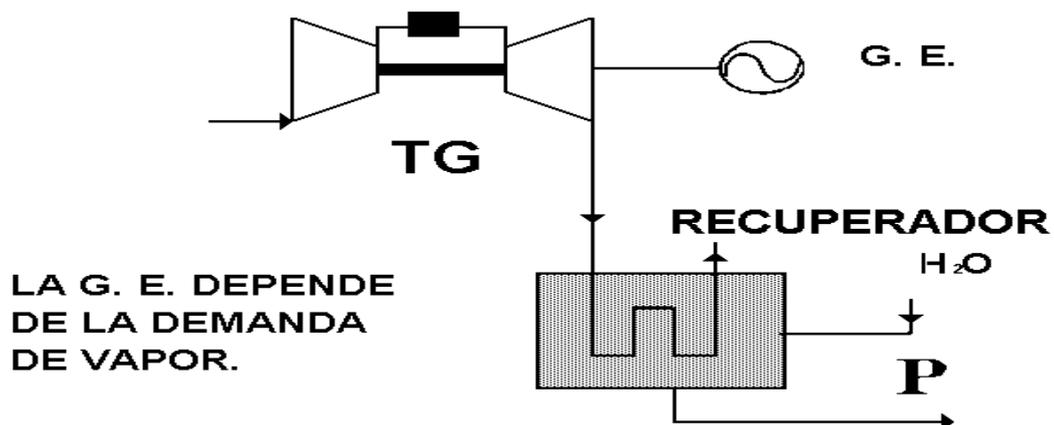


Figura 1.6: Turbina de Gas.

Ciclo combinado

La aplicación conjunta de una turbina de gas y una turbina de vapor es lo que se denomina ciclo combinado. Se conoce como ciclo combinado debido precisamente a la combinación del ciclo gas (ciclo Brayton de la turbina de gas) y el ciclo agua-vapor (ciclo Rankine de la turbina de vapor).

En este tipo de ciclo, si la demanda de calor disminuye, el vapor sobrante en el escape de la turbina puede condensarse, con lo que toda la energía de los gases no se pierde, sino que al menos se produce una cierta cantidad de electricidad. En este sistema los gases producidos en la combustión de la turbina de gas, se emplean para producir vapor a alta presión a través de una caldera de recuperación, para posteriormente alimentar a la turbina de vapor, sea de contrapresión o extracción-condensación y producir por segunda vez energía eléctrica, utilizando el vapor a la salida de la turbina o de las extracciones directamente en los procesos.

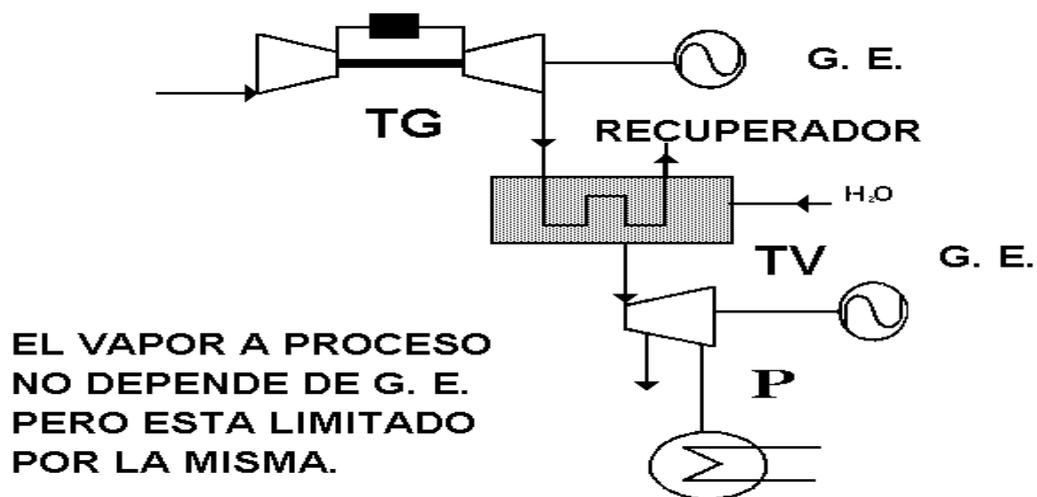


Figura 1.7: Ciclo combinado.

Motores de Combustión Interna.

Se aplican fundamentalmente en instalaciones de baja capacidad. Se producen desde 15 KW de potencia hasta cerca 20 MW. Tienen una alta eficiencia (hasta 40 %), la cual se mantiene aceptablemente a cargas parciales. Su costo de inversión es relativamente bajo, requieren poco espacio, su instalación es sencilla y se ponen en marcha en corto tiempo.

La relación calor/electricidad es baja. La energía térmica producida es de bajo potencial (agua caliente o vapor saturado de baja presión).

La energía térmica recuperable está dispersa (gases, agua de enfriamiento y aceite). Se producen en forma de módulos compactos o paquetes de cogeneración en potencias desde 6 KW hasta 1 MW.

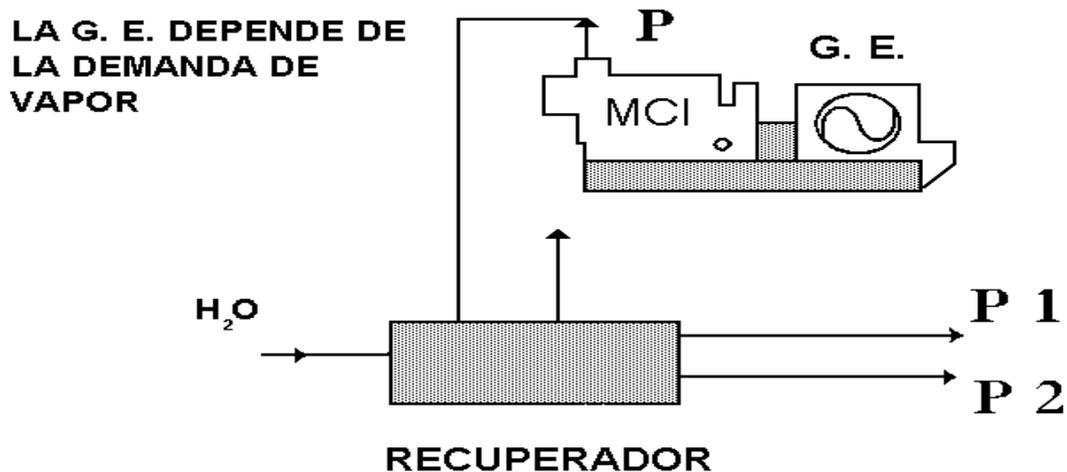


Figura 1.8: Motor de combustión interna.

Una planta de cogeneración, con capacidad para producir simultáneamente energía térmica y energía eléctrica tiene un coste muy variable en función de la tecnología y la potencia. De un modo muy aproximado, y sin entrar en detalles sobre los equipos que incluye y la configuración exacta, puede estimarse que una planta de cogeneración ronda 1.000.000 € por MW de potencia bruta instalada. (García Garrido, 2019)

Este coste puede disminuir hasta en un 50%, dependiendo de los equipos instalados, o incluso aumentar hasta un 150% si es una planta muy compleja con equipos muy especiales.

1.3.4. Criterios de selección de la tecnología.

Para llevar a cabo la selección de la tecnología de cogeneración a implantar debe tenerse en cuenta los siguientes criterios.

- Tipología de la demanda de energía térmica a satisfacer.
- Perfiles de demanda energética.
- Marco legal.
- Disponibilidad de combustibles en el área de ubicación de la planta.
- Impacto medio ambiental del combustible empleado.

Tabla 1.1. Relación calor/electricidad de los sistemas de cogeneración. (González Pérez).

Sistema	Rce KWH _e / KWH _c	Combustible	Aplicación y Características
MCI	Rce 0.73	Aceite Combustible y gas natural	Poco vapor. Capacidad de generación eléctrica alta
Turbina a gas	Rce < 3.5	Gas natural	Se puede producir excesos de electricidad.
Ciclo Combinado o Turbina a Gas con Sistema de Recuperación	Rce > 3.5	Gas natural	Requiere transmisión de electricidad en los casos donde la industria no consuma toda la energía y provee vapor de proceso
Turbina Vapor con extracción	Rce > 4	Mayor flexibilidad en el uso del combustible	Preferida por las empresas de energía. Adaptabilidad a los requerimientos de vapor de proceso.
Turbina vapor de contrapresión	Rce > 4	Mayor flexibilidad en el uso del combustible	Industrias en donde el vapor se requiere como parte del proceso.

1.4. Marco Regulatorio en el sector papelerero cubano.

1.4.1. Norma ISO 50001 para los Sistemas de Cogeneración en Fábricas de Papel.

El propósito de la norma NC-ISO 50001 es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procedimientos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo eficiencia energética, uso, consumo e intensidad. La implementación de esta norma debe conducir a una reducción en el consumo de la energía, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y otros impactos positivos en temas medioambientales, a través de una gestión sistemática de la energía.

La norma NC-ISO 50001 considera todos los portadores energéticos, incluyendo

las fuentes de energía renovables. Requiere la identificación, priorización y registro de oportunidades para mejorar el desempeño energético, incluyendo, donde sea posible, fuentes energéticas potenciales, uso de energías renovables o alternativas.

La norma especifica los requerimientos de un SGE para que una organización desarrolle e implemente una política energética, establezca objetivos, metas y planes de acción, los cuales tengan en cuenta requerimientos legales y la información referente al uso de la energía significativa.

Para la aplicación de la Norma NC-ISO 50001, resulta imprescindible el compromiso de la alta dirección de la papelera para la implementación, mantenimiento y mejora continua según los requisitos establecidos.

La dirección es responsable de realizar las acciones siguientes:

- Define, establece, implementa y mantiene la política energética.
- Designa un representante de la dirección y aprueba la creación de un equipo de gestión de la energía.
- Suministra los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar el SGE y el desempeño energético resultante.
- Identifica el alcance y los límites a ser cubiertos por el SGE.
- Socializa la importancia de la gestión de la energía dentro de la instalación.
- Asegura que se establecen los objetivos y metas energéticas.
- Asegura que los IDE son apropiados para la instalación.
- Incorpora el desempeño energético en la planificación a largo plazo.
- Asegura que los resultados se midan y se informen periódicamente.
- Lleva a cabo las revisiones de la dirección.

1.4.2Requisitos Legales.

La papelera debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables, y otros requisitos suscritos relacionados con su uso y consumo de la energía y su eficiencia. Estos se identifican mediante las siguientes resoluciones:

- Resolución No. 28 del Ministerio de Finanzas y Precios: Establece el sistema para la formación de las tarifas eléctricas para el sector no residencial.
- Manual instructivo para el uso y control de portadores, fuentes renovables y nuevas tecnologías energéticas: Manual empleado por el equipo de Supervisión al Uso y Control de Portadores Energéticos de la Dirección de Uso Racional de la Energía para detectar en el sector no residencial, deficiencias y prácticas erróneas en el uso de la energía, y carencia de sistemas de gestión energética.
- NC 220-1: Edificaciones- Requisitos de diseño para la eficiencia energética. Envoltente del edificio. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de La Habana. 2009: Se establecen las normas para la proyección y construcción de edificios considerando la eficiencia energética.
- NC/ISO 50 001:2011. Sistema de Gestión de la Energía. Requisitos con Orientación para su Uso. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de La Habana. 2011: Establece el procedimiento de implementación de un sistema de gestión de la energía.
- NC 217:2002. Climatización: temperaturas en locales climatizados: Establece los valores establecidos como de confort para los locales climatizados.
- Resolución 58/95 Instituto de Recursos Hidráulicos por la que se establece la norma de consumo de agua: Establece la norma de consumo de agua.
- Resolución 79/2008 del Ministerio de Finanzas y Precios por la que se establecen las tarifas para el cobro del agua: Establece las tarifas para el cobro del agua.

Conclusiones del Capítulo.

1. La Gestión eficiente de la energía, constituye una herramienta fundamental en las aspiraciones que se desean alcanzar, para el ahorro de los portadores energéticos y el incremento de la eficiencia energética de los procesos productivos y de los servicios en el mundo.
2. Los sistemas de cogeneración constituyen un aspecto fundamental a tener en cuenta en la planificación de los programas de eficiencia energética, por los altos valores de la eficiencia global de los sistemas que alcanza hasta un 85 %, y los consiguientes significativos ahorros de energía primaria y disminución de la contaminación al medio ambiente que representan.

CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LA PAPELERA DAMUJÍ.

En este capítulo, se desarrollan los pasos que se requieren para la implementación de la norma NC ISO 50001: 2011 para la gestión energética hasta la etapa de planificación energética. Como resultado de ello se define, la estructura de consumo de los portadores energéticos, su estratificación de los usos y consumos significativos por áreas y equipos, se define la variable significativa que ejerce mayor influencia sobre el consumo de la energía, se determina las líneas bases para el control de la energía, se identifican las oportunidades para la mejora del desempeño energético, se definen los indicadores de desempeño y se declaran los objetivos y metas sobre los que se debe trabajar para lograr la mejora continua del sistema de gestión energética.

2.1.Descripción del flujo tecnológico por etapas. (Planta actual)(para un mayor entendimiento consultar el diagrama de procesos en el anexo 1).

Desfibrado

Tiene como objetivo modificar la materia prima, convertirla en una suspensión acuosa de fibra a través de la acción mecánica (batidora doméstica). Cuenta con equipos auxiliares para eliminar los contaminantes, cuenta con un depurador ciclónico y una pera para la extracción continua y regular las impurezas del Ecopulper. Señalar que la papelera usa el mismo método de desfibrado sin importar que materia prima usa para la fabricación de papel, no teniendo en cuenta si el consumo de energía aumenta o disminuye.

Preparación de la Pasta.

Tiene como objetivo separar la mayor cantidad posible de impurezas de la suspensión y dar el tratamiento necesario a la fibra (depurar, clasificar, refinar y dosificar), con el objetivo de hacerla apta para el entrelazamiento entre sí dándole una consistencia adecuada la fibra que va a ser utilizada en la elaboración del Papel además de recuperar la fibra proveniente de la Máquina.

Esta área comienza en la cuba de hidratación la cual es un tanque de forma semiovalada construido de hormigón armado situada sobre el Nivel del piso.

Esta tiene un tabique de hormigón con el objetivo de lograr una mejor circulación de la pulpa, el cual es provocado por un agitador de hierro de doble paso accionado por un motor eléctrico, es aquí donde se hidrata la fibra, que no ha sido hidratada en el proceso de Desfibrado.

Luego la pulpa es tomada de la cuba de hidratación por la bomba TURO y llevada hasta el Depurador de Pasta Espesa (DPE) donde se le separa a la pulpa las impurezas pesadas como piedras, presillas, vidrios etc.

Posteriormente la pulpa pasa al ADS (depurador) el cual tiene dos funciones la de separar las impurezas que no fueron extraídas por el DPE las cuales arrastran fibras son enviadas a la cuba 52, y la de clasificar las fibras en largas y cortas, (actualmente por problemas del equipo no se encuentra realizando esta función), por lo que las fibras largas y cortas ambas van directamente a los pozos de descarga los cuales tienen la función de retener la pulpa y mantenerla agitada para posteriormente alimentar a al refinador.

Las impurezas con fibra que se encuentran en la cuba 52 son bombeadas al DIABOLO donde se separan completamente las impurezas de la fibra, las impurezas son recogidas en un cesto y la fibra es enviada al Ecopulper.

La fibra es enviada a refinación, la cual se encarga de dar un grado óptimo de molido por medio de la acción mecánica de la pulpa contra los discos del refinador con una bomba que lleva la pulpa directamente hasta el mismo.

Luego la pulpa ya refinada pasa a la cuba de la máquina (la que es de similar construcción a la cuba de Hidratación), se le añade a la pulpa, en casos necesario, productos auxiliares que garantizan un óptimo de calidad; por ejemplo, tenemos sulfato de aluminio (alumbre), almidón, resinas u otros.

Parte Húmeda.

La parte húmeda de la máquina de papel es la encargada de dar la formación a la hoja lo más uniformemente con la regulación del Nivel de la caja cabecera, la velocidad de la malla, y la refinación; esta área comienza en el tanque de Nivel constante que es el que alimenta la bomba mezcladora, de esta bomba la pulpa pasa al depurador Beloit, el aceptado pasa a la caja cabecera, el rechazo es enviado al foso de la coucha uniéndose con la pulpa que cae del extremo no útil de la malla y es bombeado al recuperador de fibras.

La pulpa aceptada una vez en la caja cabecera sale a través del labio a la malla y comienza la formación de la hoja en el fourdrinier la cual termina en el rollo couch

Seguidamente al fourdrinier se encuentran las prensas, que son las encargadas de extraer agua por succión y por presión a la hoja y de aquí la hoja pasa a la sección de parte seca.

Parte seca.

El secado del Papel comienza desde que la pulpa cae en la malla, pero la sección conocida como parte seca comienza a partir de la capota que cubre el baby roll y los 32 secadores y termina en el enrollado del Papel en la enrolladora.

Bobinado.

El bobinado es la etapa final de nuestro proceso productivo, el cual tiene gran importancia puesto que es quien da la presencia a nuestro producto y se obtienen las medidas de bobinas deseadas por el consumidor.

2.2.Requisitos generales NC ISO 50001:2011.

Como parte de la revisión del cumplimiento de los requisitos generales para la implementación de la norma internacional ISO 50001: 2011 para la gestión de la energía, se procede a evaluar el estado actual del sistema de gestión energética en la planta papelera Damují. Para ello, se encuestó a la alta dirección con el objetivo de valorar su opinión acerca del cumplimiento de los requisitos que establece la norma, se elaboró la matriz energética, y se encuestó al personal técnico, con el objetivo de conocer sus valoraciones sobre variados aspectos generales relacionados con la gestión energética en la planta.

Como resultado del análisis de brecha se determina, que la empresa alcanza la categoría de **No cumple** con los requisitos de la norma ISO 50001 al obtener una calificación promedio total de 1.49 de un total de 3 posible por lo que se considera que presenta solo un 24.3 % de avance en el cumplimiento de los requisitos que establece la norma. Los resultados del procesamiento de la encuesta se ofrecen en el anexo 2.

De la encuesta a los directivos sobre las barreras para la implementación de la norma NC ISO 50001:2011. (Anexo 2) se catalogan como muy importantes o importantes los siguientes aspectos:

1. Falta de comprensión y apoyo en los niveles intermedios de dirección
2. Tecnología obsoleta
3. Falta de financiamiento
4. Carencia de medición de consumos por áreas y equipos
5. Mal estado técnico del equipamiento
6. Eficiencia energética no integrada a los nuevos proyectos y compras
7. Alto costo de implementación de los proyectos de eficiencia energética
8. Insuficiente capacidad técnica
9. Falta de incentivos y motivación del personal
10. Falta de concientización sobre el ahorro y uso racional de la energía
11. Procedimientos burocráticos que demoran y dificultan las decisiones

También se construye con la Alta Dirección, la matriz de gestión energética que muestra una no integralidad de la gestión energética con un nivel menor a 3 en todos los aspectos. (Anexo 3. Matriz Energética)

La realización de una encuesta al personal técnico permitió valorar el conocimiento sobre el sistema de gestión energética según la norma NC ISO 50001:2011 e identificar algunos elementos que la organización ha desarrollado y que son factibles de integrar al sistema de gestión de la energía. (Anexo 4).

Entre un 60% y un 90% del personal técnico de la empresa encuestado considera que existen dificultades en los siguientes aspectos:

1. No se tiene información sobre la NC ISO 50001:2011
2. No se realizan acciones concretas para la implementación de la norma
3. No existe un sistema integrado de gestión
4. No existe una política energética.
5. Insuficiente capacitación del personal encargado de la gestión de la energía.

6. No se conoce y maneja la estructura de consumo de portadores energéticos
7. No se encuentran debidamente definidos los usos y consumos significativos de la energía.
8. No se cuenta con equipos de medición de los consumos de energía en las instalaciones, sistemas y equipos que representan los mayores consumos de energía.
9. No se cuenta con un sistema de indicadores para monitorear y controlar el desempeño energético.
10. No existe algún sistema de estimulación para el personal clave en función del desempeño energético.
11. No se han definidos objetivos y metas para la mejora del desempeño energético.
12. No existe un plan de acción con medidas y proyectos para la mejora del desempeño energético

Como se puede apreciar los resultados mostrados evidencian la necesidad de implementar el sistema de gestión de la energía según la norma NC ISO 50001: 2011

2.3. Responsabilidad de la dirección. Alta dirección.

2.3.1. Responsabilidad de la dirección.

Luego de caracterizar la situación energética de la empresa, los factores que afectan su desarrollo y competitividad, se decide presentar a la alta dirección de la empresa los resultados con vistas a obtener el compromiso de la misma, y establecer un plan para la implementación del sistema en un futuro cercano.

La dirección de la empresa decide determinar el alcance y los límites siguientes para su sistema de gestión energética (SGEn)

Alcance: El Sistema de Gestión Energética (SGEn) tendrá como alcance la energía eléctrica y el fuel oil consumidos en las instalaciones, equipos y procesos de la UEB. Papelera Damují de Cienfuegos.

Límites: El SGEn se aplicará a las instalaciones administrativas de la Empresa UEB. Papelera Damují de Cienfuegos.

2.3.2. Representante de la alta dirección. Equipo de gestión.

La alta dirección designa como su representante y aprueba el siguiente equipo de gestión de la energía.

Tabla 2.1. Equipo de gestión de la energía en la empresa.

Nombre y Apellidos	Cargo	Especialidad
Guillermo Rosell Cartalla	Director de la UEB	Ing. Mecánico
Equipo de Gestión de la Energía		
Alberto Madruga	Jefe de Mantenimiento	Ing. Eléctrico
Ibraín Bastida	Esp. Económico	Ing. Eléctrico
Osbeydi González	Energético	Técnico. M.
Sixta Suárez	Jefa Depart. Técnico	Técnico. M.

2.4. Política energética.

Al no existir una política energética claramente definida y documentada en la empresa, se sugiere a la dirección de la misma al elaborarla, que incluya en ella los siguientes aspectos:

1. Establecer y actualizar la línea base energética y los indicadores de desempeño energético de las producciones que realizamos.
2. Garantizar la adquisición de productos y servicios con la máxima eficiencia energética que económicamente pueda ser justificada y que aseguren que los nuevos diseños y remodelación de equipos y procesos logren un mejoramiento del desempeño energético empresarial.
3. Garantizar la formación y el desarrollo de los trabajadores para lograr sus competencias laborales, promoviendo su participación en la toma de decisiones y en el fortalecimiento de los valores por los que trabaja la entidad.

2.5. Planificación energética.

2.5.1. Requisitos legales.

Aunque no existen evidencias de ello se conoce que la empresa trabaja en materia de gestión de la energía con la Resolución 152/2018 del Ministerio de Energía y Minas. “Manual de Inspección a los portadores energéticos”.

Se recomienda a la empresa revisar y utilizar otras normas y resoluciones para el control y uso de la energía como las relacionadas en el epígrafe 1.4.2 de capítulo I de este trabajo

2.5.2. Revisión energética.

En este epígrafe se realiza un análisis del comportamiento histórico del uso de la energía tomando como base los años comprendidos en el periodo (2017-2018). En él se incluyen análisis del impacto del costo de la energía sobre los costos totales de la empresa, se determinan los usos y consumos significativos por portadores áreas y equipos, el comportamiento del consumo de energía y la producción y se definen oportunidades para la mejora del desempeño energético en la planta. Los diferentes análisis se realizan apoyados en las herramientas que brinda la tecnología de gestión total y uso eficiente de la energía creada y desarrollada por el centro de estudios de la energía y el medio ambiente de la Universidad de Cienfuegos.

2.5.2.1. Análisis del impacto del costo de la energía.

Un buen análisis del uso de la energía, debe partir del conocimiento de la estructura de gastos totales por partidas de la empresa, tomando como referencia los valores alcanzados por estos en los años 2017 y 2018. Estos resultados se muestran en las gráficas 2.1 y 2.2

Tabla 2.2. Gastos totales por partidas. Año 2017.

Partidas	Valor (\$)	(%)	Acumulado (%)
Productos y Materias Primas	2240239,13	36,57	36,57
Energéticos	1497041,97	24,44	61,02
Servicios	922654,98	15,06	76,08
Otros Gastos Monetarios.	493805,51	8,06	84,14
Salarios	447861,93	7,31	91,45

Otros Materiales	305246,96	4,98	96,44
Depreciación y Amortización.	218277,33	3,56	100
Total	6125127,81	100	

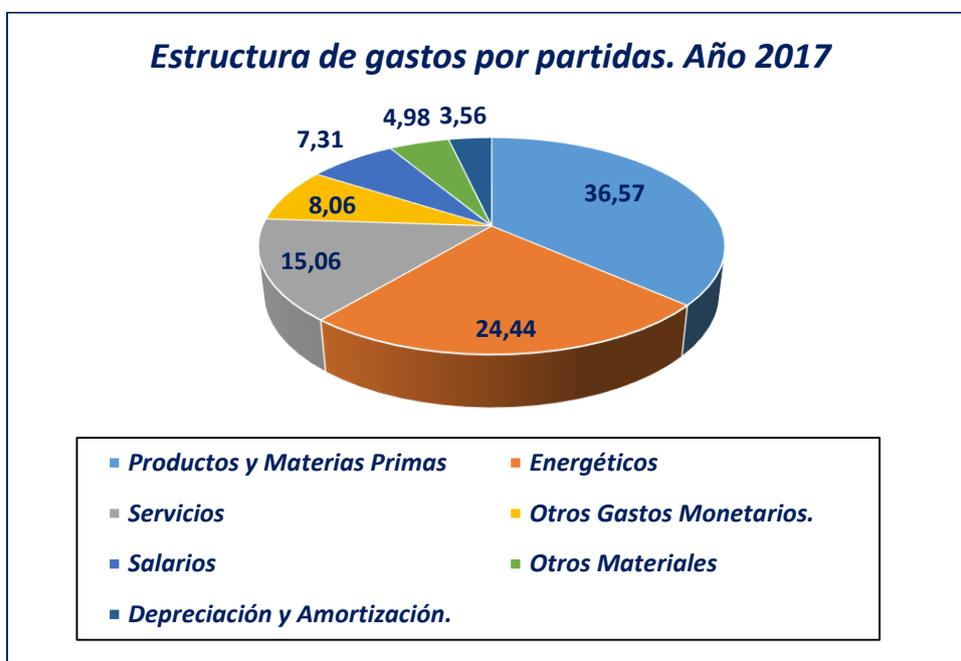


Figura 2.1: Estructura de gastos totales por partidas. Año 2017.

Tabla 2.3. Gastos totales por partidas. Año 2018.

Partidas	Valor (\$)	(%)	Acumulado (%)
Productos y Materias Primas	2859851,53	39,14	39,14
Energéticos	1972441,28	27,00	66,14
Servicios	718994,23	9,84	75,98
Otros Gastos Monetarios.	545683,55	7,47	83,44
Salarios	471918,80	6,46	89,90
Otros Materiales	383636,83	5,25	95,15
Depreciación y Amortización.	354112,61	4,85	100
Total	7306638,83	100	

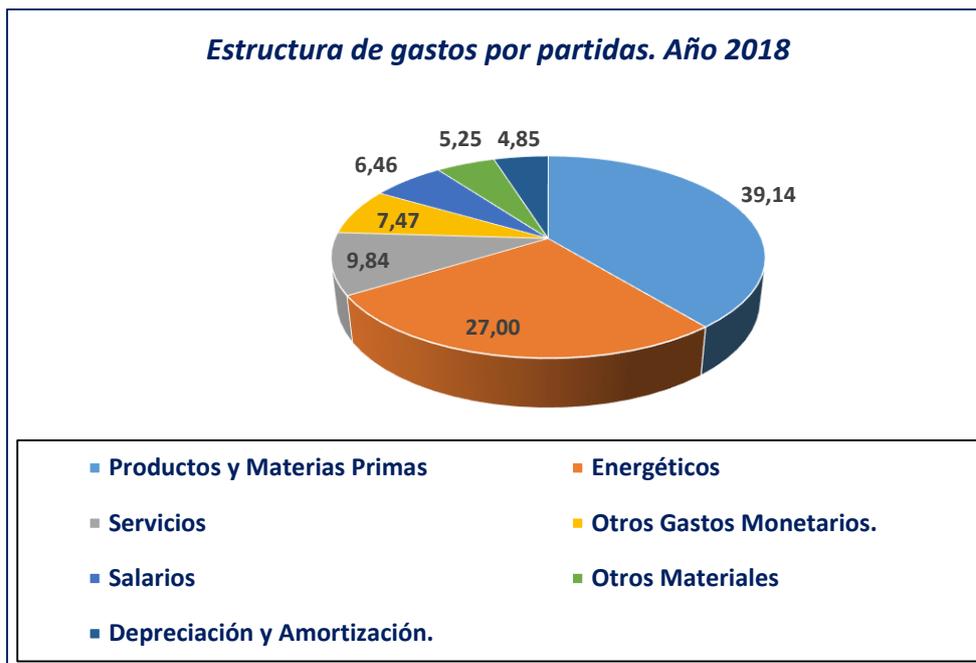


Figura 2.2: Estructura de gastos totales por partidas en (%). Año 2018.

Como se puede apreciar en las figuras 2.1 y 2.2 los energéticos ocupan el segundo lugar de las partidas, representando entre un (25 a 27) % de los gastos totales, lo que evidencia que la empresa necesita mejorar su sistema de gestión de la energía.

2.5.2.2. Estructura de consumo de los portadores energéticos. Usos y consumos significativos por área y equipos.

A continuación, se presenta la estructura de uso y consumo de los portadores energéticos.

Tabla 2.4. Estructura de consumo de portadores energéticos. Año 2017.

Portador energético	UM	Consumo	Factor de conversión	Toneladas Equivalentes de petróleo	(%)	Acumul. (%)
Electricidad	MW.h	5698.48	0.35	1994.47	55.60	55.60
Fuel Óil	t	1548.82	0.99	1533.33	42.74	98.34

Combustible Diesel	t	38.07	1.05	39.97	1.11	99.45
Gasolina	t	8.95	1.35	12.08	0.34	99.79
Aceites Lubricantes	t	4.93	1	4.93	0.14	99.93
Gas Licuado(GLP)	t	2.07	1.16	2.40	0.07	100
Grasas Lubricantes	t	0.15	1	0.15	0.00	100
Total				3587.34	100	

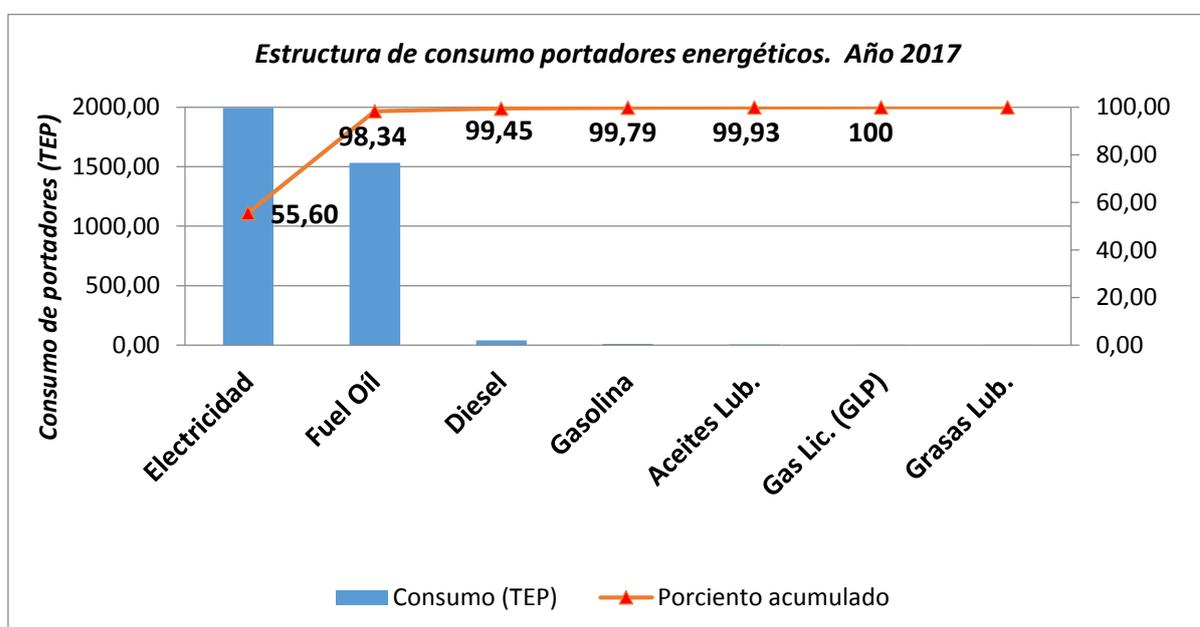


Figura 2.3: Estructura de consumo de portadores energéticos. Año 2017.

Tabla 2.5. Estructura de consumo de portadores energéticos. Año 2018.

Portador energético	UM	Consumo	Factor de conversión	Toneladas Equivalentes de petróleo	%	Acumul. (%)
Electricidad	MW.h	4311.08	0.35	1627.85	49.1	49.16

					6	
Fuel Óil	t	1523.2	0.99	1608.88	48.59	97.75
Combustible Diesel	t	52,36	1.05	55.16	1.67	99.42
Gasolina	t	8,33	1.35	11.28	0.34	99.76
Aceites Lubricantes	t	5,10	1	5.1	0.15	99.91
Gas Licuado(GLP)	t	2,25	1.16	2.62	0.08	99.99
Grasas Lubricantes	t	0,31	1	0.31	0.01	100
Total				3311.2	100	

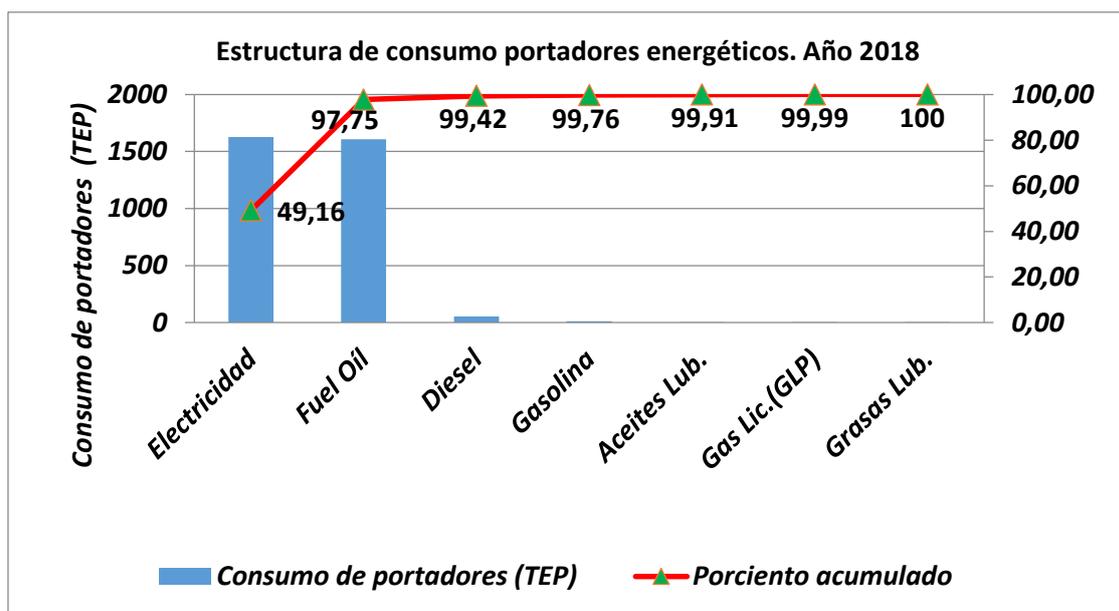


Figura 2.4: Estructura de consumo de portadores energéticos.

En los gráficos de ambos años se observa que los mayores consumos de portadores energético están centrados en la Electricidad y el Fuel oil, los cuales representan como promedio en el periodo analizado el 52% y el 46% respectivamente, representando en su conjunto aproximadamente el 98 % del consumo total de la energía en la Papelera. De aquí se deduce que sobre el control de ambos portadores se deben volcar los mayores esfuerzos

encaminados a lograr ahorros energéticos, en las áreas, procesos y los equipos que la consumen.

Determinación de los usos y consumos significativos de la energía eléctrica.

Para poder determinar los usos y consumos significativos de la electricidad y el fuel oil, se hace necesario identificar el 20% de las áreas, procesos y equipos que representan el 80 % del consumo de ambos portadores en la planta. Para ello se realizaron las mediciones con vistas a determinar la potencia instalada por equipos en las diferentes áreas de la planta y se toma en consideración un tiempo de servicio como promedio de 24 horas por día, los resultados se presentan en (anexo 5)

Del análisis de la tabla anterior se llegan a establecer las áreas claves que demandan el 80% de la potencia eléctrica de la fábrica.

Tabla 2.6. Distribución del consumo de energía eléctrica por áreas.

Area	Consumo (kWh/día)	%	% Acumulado
P. de papel	44405.28	95.98	95.98
P. de fuerza	1851.12	4.001	99.99
Oficinas	6.72	0.015	100.00
Total	46263.12	100	

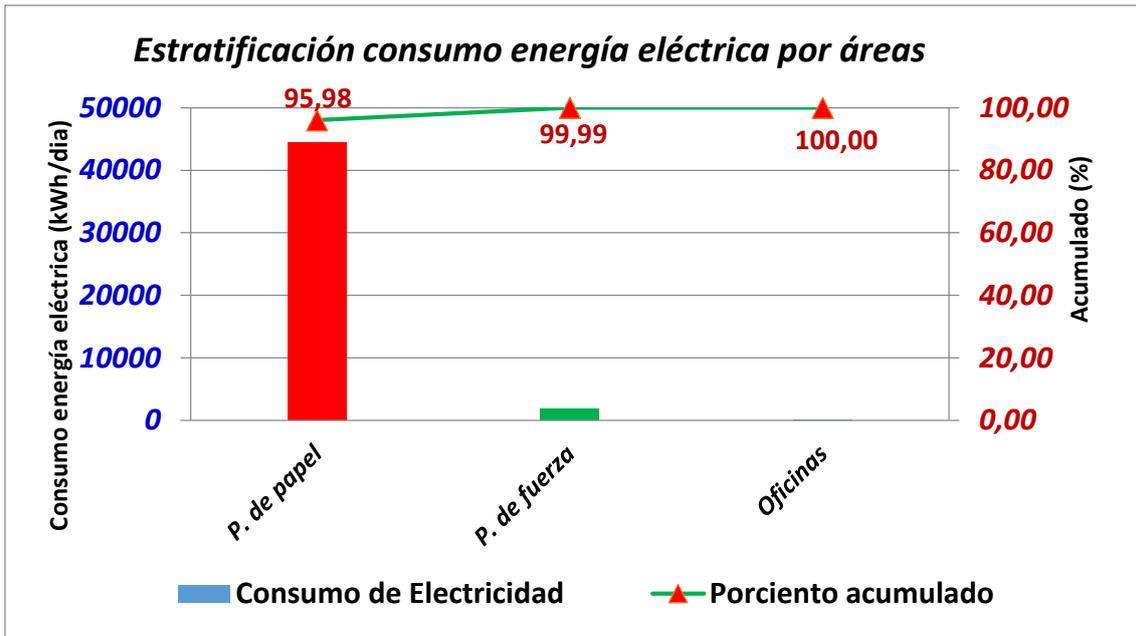


Figura 2.5: Estructura de consumo energía eléctrica por áreas.

La figura muestra cómo se distribuye el consumo de energía eléctrica por áreas en la papelera, puede observarse que el 96 % de la energía eléctrica se utiliza en el área de la planta de papel. De este análisis, se determinan los equipos mayores consumidores dentro de esta área, y cuyos resultados se presentan en la siguiente figura 2.6. Dada la cantidad de equipos que conforman esta área en la tabla 2.7 solo se colocan aquellos que representan el 80 % del consumo total, el resto se representan como otros equipos, por tanto, es sobre estos equipos donde se deberá poner los mayores esfuerzos en cuanto a las medidas y proyectos para mejorar su eficiencia y funcionamiento.

Tabla 2.7 Estructura de consumo por equipos. Planta de papel.

Equipo	Consumo (kWh/día)	Acumulado (%)
Refinador ST600	6000	13
Motor de la Máquina	5574.72	26
Bomba de Vacío num.4	39.84	35
Bomba de Vacío Num. 1	38.4	44
Bomba de vacío Num.5	38.4	53
Compresor	3260.88	60
Bomba Pozos	2795.04	66

Bomba del Tanque AITP	1800	70
Bomba 6m51	1320	73
H 15	1238.64	76
Bomba de Alta Presión	1180.08	78
Depurador Belloit 6m52	822.96	80
Otros equipos	148	100

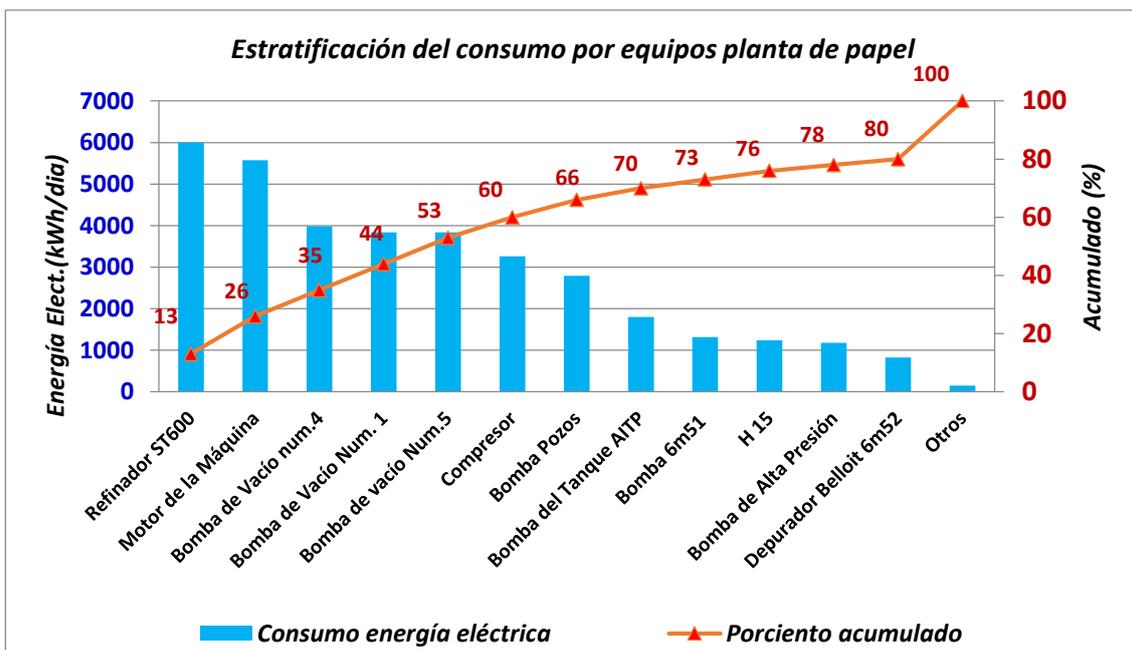


Figura 2.6: Estructura de consumo energía eléctrica por equipos. Planta de Papel.

Uso y consumo del fuel oil

En el caso del fuel oil este se consume en la planta de fuerza donde existe una caldera de vapor que utiliza este combustible para la producción de vapor necesario a consumir en la planta de papel. Por esta razón no es necesario realizar la estratificación por equipos.

2.5.2.3. Análisis de la tarifa y la facturación eléctrica.

La tarifa eléctrica que se le aplica a la Empresa está definida en la Resolución No.277/2014 y corresponde al Grupo M: TARIFAS PARA CONSUMIDORES EN MEDIA TENSIÓN, cuya aplicación procede para todos los servicios de consumidores, excluyendo a los clasificados como de Alta Tensión, que se alimentan de una subestación o banco de transformadores exclusivo, existiendo entre el transformador de suministro y el consumidor, sólo la acometida.

Siempre que se hable en términos de índices de consumo de energía será necesario referirlos a la actividad productiva o de servicios a los que son destinados estos recursos, por lo cual el resultado final de la producción juega un papel importantísimo en el valor del índice.

Tarifa aplicada: **M1-A**. Tarifa de media tensión con actividad continua.

APLICACIÓN: Se aplicará a todos los servicios de consumidores clasificados como de Media Tensión con actividad de 20 horas o más diarias.

Facturación:

- **Horario pico** $(0.0481 \text{ \$/kWh} * K + 0.064 \text{ \$/kWh}) * \text{Consumo pico en kWh}$
- **Horario del día** $(0.0241 \text{ \$/kWh} * K + 0.064 \text{ \$/kWh}) * \text{Consumo día kWh}$
- **Horario de madrugada** $(0.0161 \text{ \$/kWh} * k + 0.064 \text{ \$/kWh}) * \text{Consumo madrugada kWh}$

Para el cálculo de la facturación del **cargo fijo mensual**, se considerará:

- El valor de demanda máxima contratada en el horario comprendido entre las 05:00 y las 21:00 horas a 7\$ por cada kW contratado.

- Si la demanda máxima registrada en el horario establecido, es mayor que la demanda máxima contratada, se facturará la contratada al precio de la tarifa y el exceso al triple de su valor, \$ 21.00 por cada kW.
- Sólo se permitirá contratar dos valores de demanda al año, por períodos no menores de tres meses a los consumidores cíclicos o por períodos de alta y baja en el caso de las instalaciones hoteleras

Factor de potencia: El suministro de energía eléctrica, para el racional funcionamiento del Sistema Electro energético Nacional debe efectuarse con un Factor de Potencia de 0.90 o mayor. Valores menores implican gastos innecesarios de energía reactiva por las líneas del Sistema electroenergético Nacional, provocando pérdidas de energía

Bonificaciones por Factor de Potencia: Los clientes que registren un Factor de Potencia superior a 0,92 serán bonificados mediante el importe que resulte de multiplicar la facturación normal, (sin incluir penalizaciones por incumplimiento de la demanda contratada), por 0.92, y dividir este producto por el factor de potencia real del período, hasta un valor máximo de 0,96.

Penalizaciones por Factor de Potencia: Si es inferior a 0,90, el cliente será penalizado. La penalización será el importe que resulte de multiplicar la facturación normal (sin incluir penalizaciones por incumplimiento de la demanda contratada), por 0.90 y dividir este producto por el Factor de Potencia real del período.

- Se penalizará con un factor de potencia menor de 0.90.
- Entre 0.90 y 0.92, no habrá penalización ni bonificación.
- Se bonificará con un factor de potencia de 0.92 hasta 0.96.
- Cuando el factor de potencia sea mayor de 0.96, la bonificación se calculará utilizando el valor del factor de potencia hasta 0.96.

Del análisis de la facturación mensual realizada por la empresa eléctrica a la papelería (ver anexo 6) se puede apreciar que el consumo de energía en el horario pico representa aproximadamente el 16 (%) del consumo total valor este que se puede considerar normal para una entidad de producción continua.

Por otra parte, la empresa ha sido sometida a penalizaciones continuas por bajo factor de potencia, las facturas indican que este parámetro no supera el

valor de 0.83, mostrando en algunos casos valores tan bajos como 0.14. En este sentido en el año 2017 la planta trabajó con un valor medio del factor de potencia de 0.69 siendo penalizada por un valor medio mensual de 10000 CUC y en total de 108597 CUC, mientras en el año 2018 el valor promedio del factor de potencia fue de 0.65 y las penalizaciones alcanzaron valores medios de 18150 CUC y total de 217797 CUC. Las causas fundamentales de esta situación obedecen a que la planta no cuenta con un banco de capacitores para compensar las cargas reactivas, mientras que por otra parte, la inestabilidad del proceso productivo ha provocado valores de la producción media en el entorno de las 450 toneladas mensuales cuando la planta presenta una capacidad potencial cercana a las 1800 (t/mes). Ello trae como consecuencia que los motores trabajen por debajo del 70 % de su capacidad nominal afectando de manera considerable el factor de potencia, el efecto del trabajo a cargas parciales debe ser debidamente estudiado y cuantificado.

En cuanto al análisis del comportamiento de la demanda máxima contratada y la demanda real como se puede apreciar en la tabla 2.8 y fig.2.7, solo en el mes de diciembre del año 2018 la empresa fue penalizada por sobrepasar en un 32 % el valor de la demanda contratada, mientras que el comportamiento promedio de utilización fue del 84 %, siendo este un valor bastante aceptable si se tiene en cuenta que la planta trabaja con altos niveles de inestabilidad productiva.

Tabla 2.8. Comportamiento de la demanda real y contratada. Año 2018.

<i>Mes</i>	<i>D. Cont. (Kw)</i>	<i>D. Real (Kw)</i>	<i>Porcentaje de utiliz.</i>
Enero	250	201	80.4
Febrero	1950	1663	85.3
Marzo	1950	1685	86.4
Abril	1950	1674	85.8
Mayo	1950	1585	81.3
Junio	1950	1656	84.9
Julio	1950	1646	84.4
Agosto	1950	1588	81.4
Septiembre	1950	1694	86.9

Octubre	1950	1458	74.8
Noviembre	200	103	51.5
Diciembre	1950	2578	132.2
Promedio			84.6



Figura 2.7: Comportamiento de la demanda contratada Vs Real. Año 2018.

2.5.2.4. Estudio del consumo energético y la producción.

Al tratarse la papelera de un centro de producción continua, será entonces precisamente la producción la variable más influyente en el consumo de la energía. Para el estudio del comportamiento del consumo de la energía en función de la producción se tomará como referencia los valores de los reportes mensuales realizados por la empresa durante los años 2017 y 2018. Para este tipo de estudio resulta más conveniente el análisis de los reportes diarios, sin embargo, se decide tomar los reportes mensuales ya que los datos recogidos en los reportes diarios reflejan valores de la producción y del consumo de energía absolutamente incongruentes, lo que provoca que no se pueda establecer una adecuada correlación entre ambas variables, a la vez que refleja la necesidad de establecer un sistema de gestión de la energía que garantice una mejora continua del proceso.

En la tabla 2.9 se presentan los valores de la producción del consumo de electricidad y fuel oil para ambos años, y a partir de ellos se realizan los correspondientes análisis del comportamiento de las diferentes variables.

Tabla 2.9. Valores de la producción y consumo de energía. Años 2017 y 2018.

Consumo de Energía Vs Producción. Año 2017				Consumo de Energía Vs Producción. Año 2018			
Mes	Producción (t/mes)	Consumo (MWh/mes)	Consumo comb. (t/mes)	Mes	Producción (t/mes)	Consumo (MWh/mes)	Consumo comb. (t/mes)
Ene	703.45	559.15	193.86	Ene	48.32	28.302	10.54
Feb	783.48	606.832	231.00	Feb	319.23	301.575	103.99
Mar	47.24	271.52	10.21	Mar	601.82	567.837	177.86
Abr	45.11	286.79	9.85	Abr	385.36	468.387	155.06
May	110.35	852.83	22.56	May	590.02	455.655	115.39
Jun	47.85	278.57	10.88	Jun	786.63	583.011	248.13
Jul	610.80	535.413	187.81	Jul	390.12	456.018	127.09
Ago	895.51	650.933	242.80	Ago	493.46	354.001	147.56
Sep	293.92	239.075	84.37	Sep	600.86	415.589	172.11
Oct	630.87	496.28	176.27	Oct	419.82	325.422	132.29
Nov	642.66	416.092	174.98	Nov	45.15	25.088	8.01
Dic	651.95	504.998	204.23	Dic	395.12	330.196	125.16
Total	5463.172	5698.483	1548.82	Total	5075.89	4311.08	1523.20
Promedio	455.26	474.87	129.07	Promedio	422.99	0.00	126.93

Análisis del comportamiento de la energía eléctrica y la producción.

En las figuras 2.8 y 2.9 se grafican el comportamiento del consumo de la energía eléctrica frente a la producción para cada uno de los años.

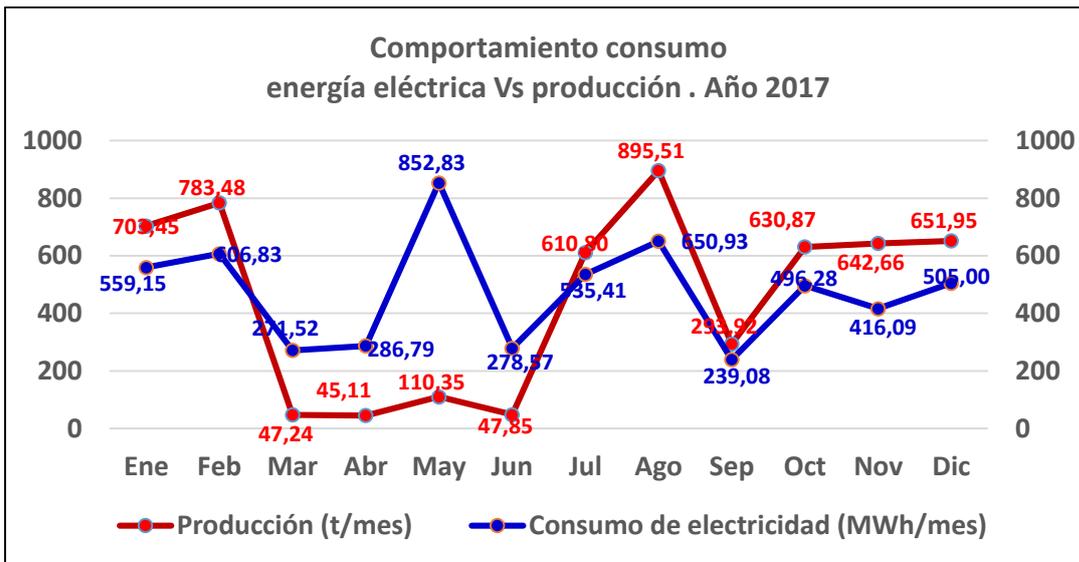


Figura 2.8: Comportamiento de la producción Vs consumo electricidad. Año 2017.

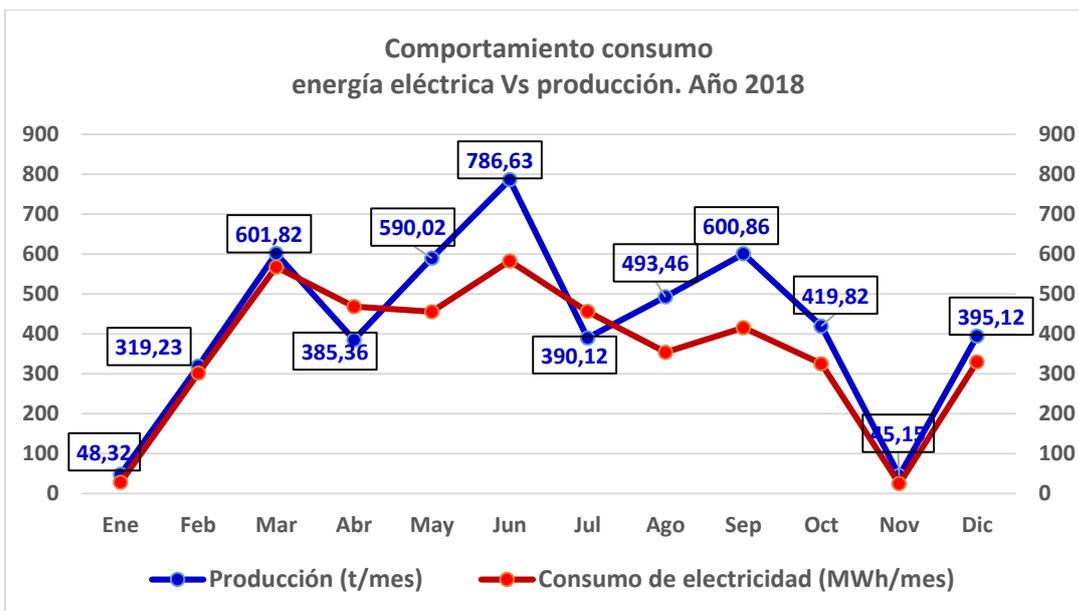


Figura 2.9: Comportamiento de la producción Vs consumo electricidad. Año 2018.

En ambas figuras se evidencian comportamientos anormales de la variación de la producción respecto a la variación del consumo de energía eléctrica, lo cual puede estar justificado en algunos casos por consumos no asociados a la producción, así como por un no adecuado control de los reportes de ambas variables como parece ser el caso de mayo del 2018 cuando para un aumento de la producción con respecto al mes de abril se aprecia una disminución del consumo eléctrico con respecto al propio mes.

Seguidamente se evalúa el comportamiento de la variación de la producción y la energía de forma independiente en cada uno de los años.

Variación de la producción mensual

En las figuras 2.10 y 2.11 se muestran los gráficos de control de la producción. En ambos gráficos fue usado como límites superiores e inferiores, el valor medio \pm dos veces la desviación estándar. Los rangos de desviación usados son amplios para una empresa con tradición productiva. En la producción para el año 2017 el valor medio de la producción fue de 455.26 (t/mes), se tomó los límites de control en ± 2 veces la desviación estándar, que representan desviaciones de ± 643.2 (t/mes). Para el año 2018 la producción media fue de 423 (t/mes) y los límites de control se tomaron en ± 437.31 (t/mes). Como se puede apreciar en ambos casos, aunque la producción se encuentra bajo control, varios puntos se localizan muy cerca de los amplios límites determinados, por otra parte, se reflejan amplios rangos de variación de los valores de la producción aspecto este que no favorece el funcionamiento de empresa.

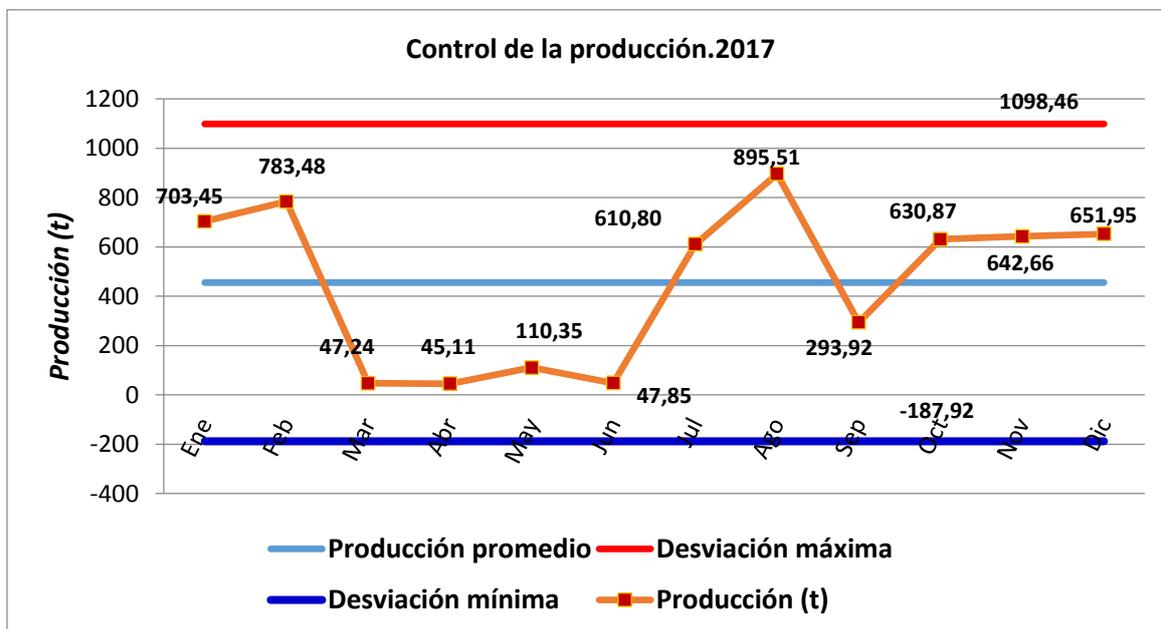


Fig. 2.10: Gráfico de control de la producción. Año 2017.

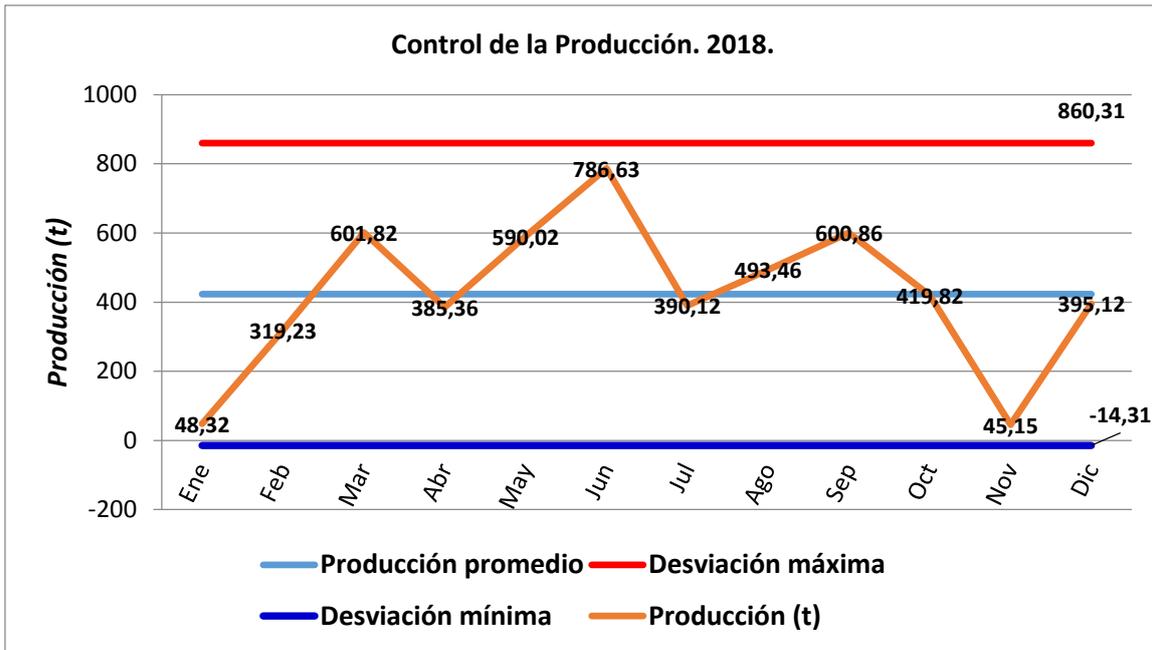


Figura 2.11: Gráfico de control de la producción. Año 2018.

Variación del consumo de energía eléctrica mensual.

Para el caso de la energía eléctrica se tomaron como referencia los valores reportados en la facturación de la empresa eléctrica a la planta papelera. Los resultados se presentan en los gráficos de control de las figuras 2.12 y 2.13. En el caso del año 2017 el consumo de energía fluctúa alrededor de un valor medio de 474,87 (MWh/mes) y los límites de control se establecieron en ± 370.6 (MWh/mes), mientras en el 2018 el consumo medio fue de 359.26 y los límites se establecieron en ± 358.7 (MWh/mes).

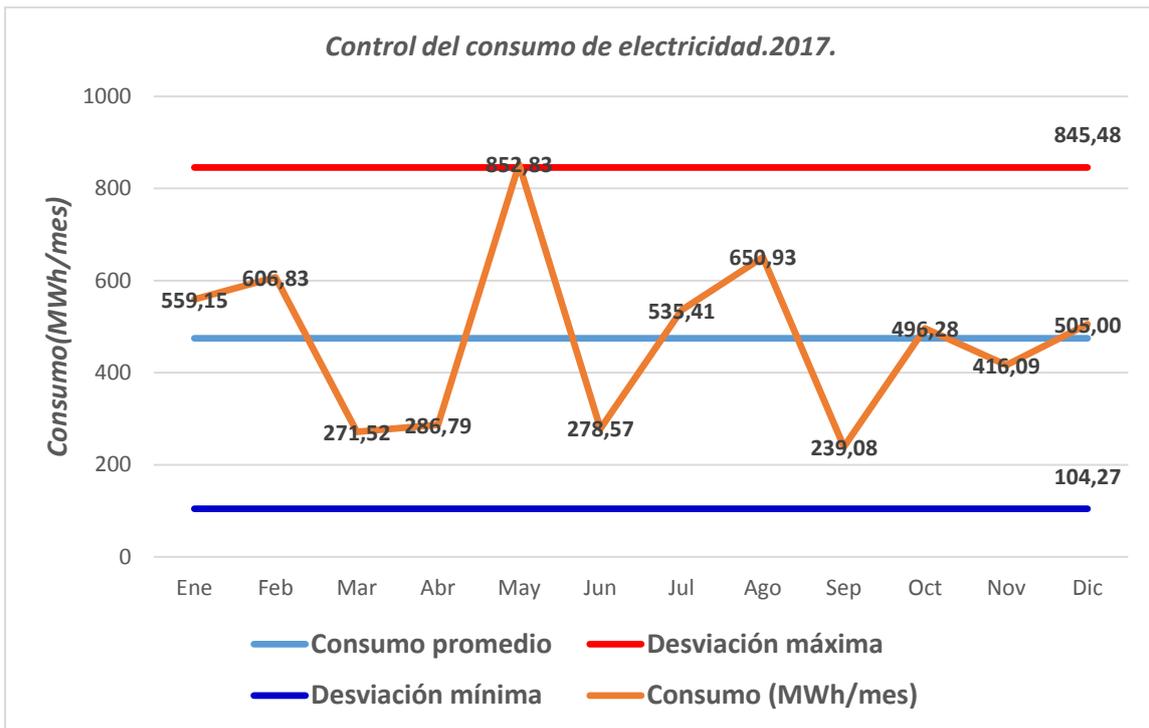


Figura 2.12: Gráfico de control de la energía eléctrica. Año 2017.

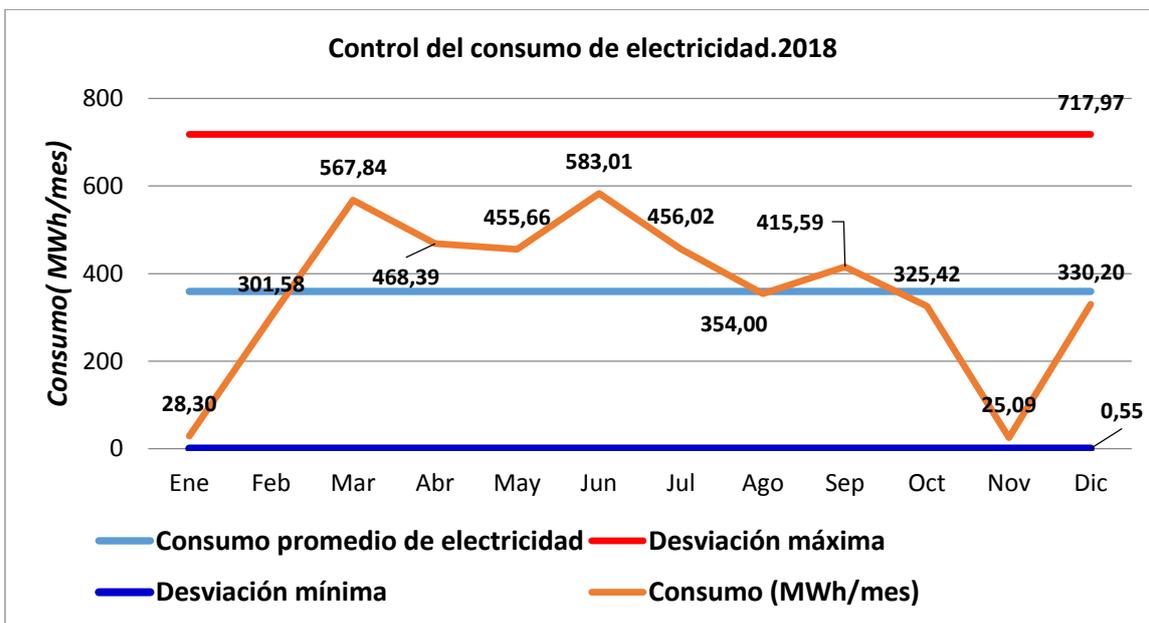


Figura 2.13: Gráfico de control de la energía eléctrica. Año 2018.

Estos gráficos también muestran que a lo largo de ambos años la producción y el consumo de energía eléctrica fluctúan de mes en mes, sin tener una estabilidad productiva y con ello una inestabilidad en el consumo eléctrico, lo cual es causa de oscilación del Indicador de Desempeño Energético real (IDEnr) de la fábrica, tal como se refleja en las siguientes figuras 2.14 y 2.15 que se muestran a continuación.

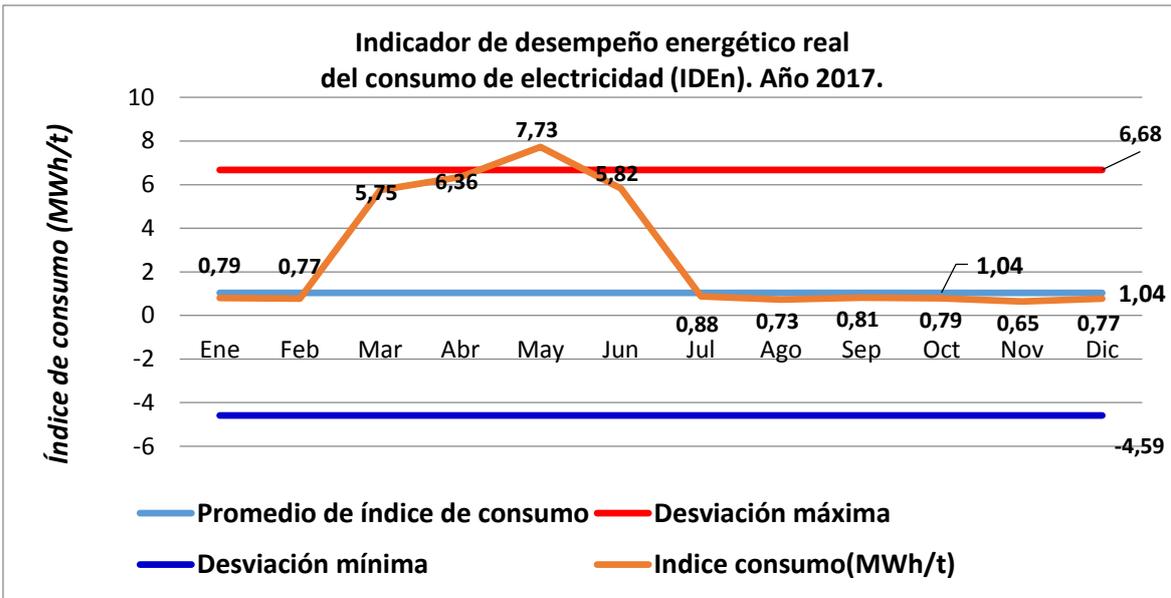


Figura 2.14: Gráfico de control IDEn real electricidad. Año 2017.

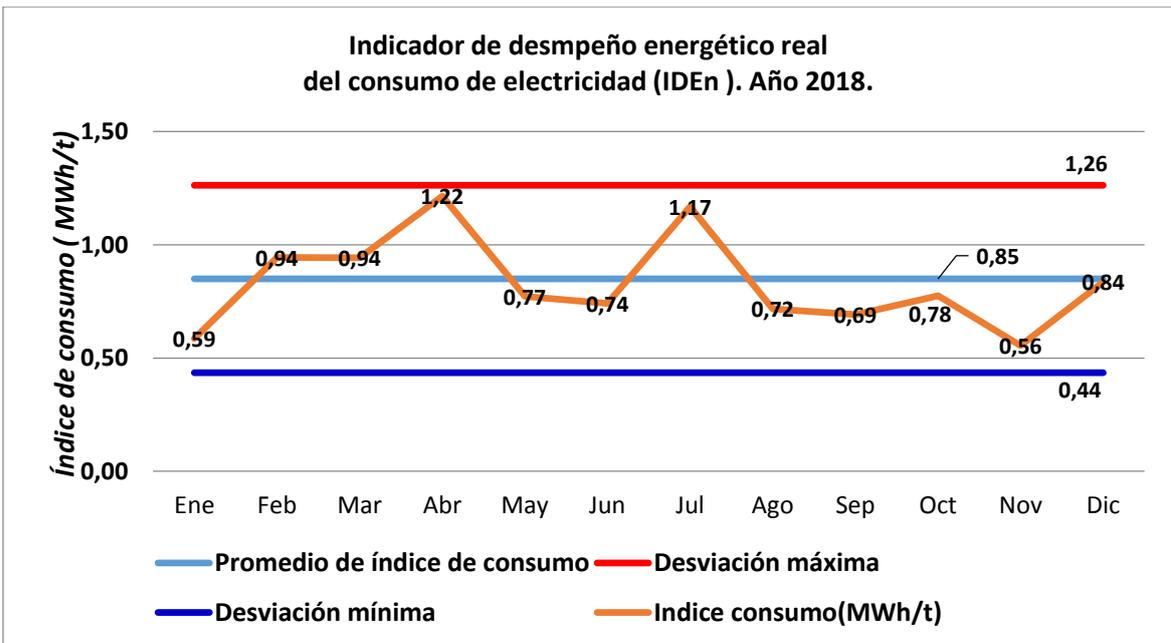


Figura 2.15: Gráfico de control del IDEn real de electricidad. Año 2018.

Como se puede apreciar en las figuras 2.14 y 2.15, aunque en ambos casos los índices de consumo se encuentran bajo control, existen varios puntos, en los cuales los valores del índice real se aproximan al límite superior o lo superan, mostrándose gran inestabilidad en los índices como era de esperarse en ambos casos. Para el año 2017 el resultado del valor medio del índice de consumo real fue de 1.04 (MWh/t) producidas, mientras en el 2018 el valor medio del indicador disminuyó hasta 0.83 (MWh/t). Este comportamiento se

justifica como se demuestra más adelante por la existencia de un mayor valor de la energía no asociada a la producción durante el año 2017.

Evaluación de los indicadores de desempeño del consumo eléctrico.

Siguiendo los valores de la producción y el consumo de energía eléctrica mensual de los años 2017 y 2018 se construyen las curvas que mejor ajustan a los valores reales de esos años tal como se muestra en las siguientes figuras 2.16 y 2.17. Durante el año 2017 para una producción media mensual de 455.26 (t/mes) se obtuvo un IDEn de 1.04 (MWh/t), si se tiene en cuenta que la planta tiene una capacidad potencial de producción de 1800 (t/mes), de la figura 2.16 se puede ver que a ese nivel productivo le corresponde un IDEn de 0.56 (MWh/t), ello significa que la planta operó con una diferencia de 0.48 (MWh/t) por encima de lo que debía, esto representa para las 5463.17 (t) producidas en ese año un sobreconsumo de 2622.32 (MWh/año).

Un análisis similar para el año 2018 indica que el IDEn real fue de 0.85 (MWh/t), de la figura 2.17 para 1800 (t/mes) le corresponde un IDEn de 0.77 (MWh/t), ello significa un sobreconsumo de 0.08 (MWh/t), lo cual representa para la producción de ese año que fue de 5075.89 (t/mes) un sobre consumo de 406 (MWh/año).

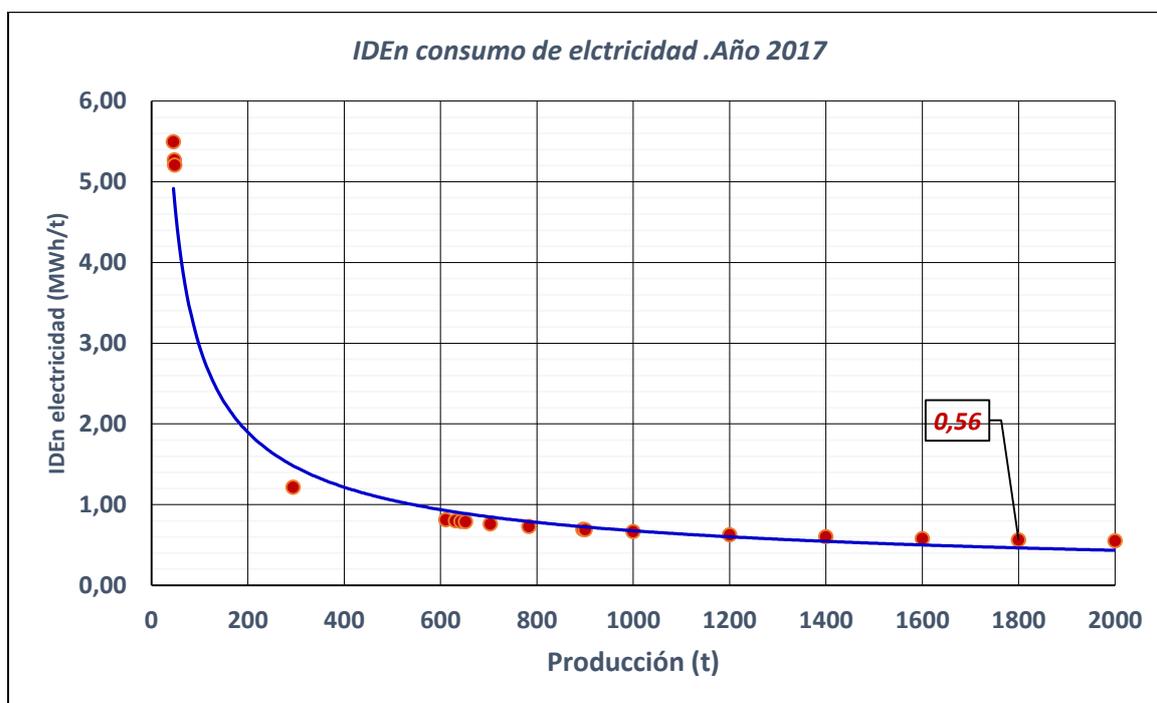


Figura 2.16: IDEn estimado siguiendo los valores reales de desempeño del consumo de la energía eléctrica. Año 2017.



Figura 2.17: IDEn siguiendo los valores reales de desempeño del consumo de la energía eléctrica. Año 2018.

Variación del consumo de Fuel Oil con respecto a la producción.

En las siguientes figuras 2.18 y 2.19 se representan los comportamientos de la variación del consumo de fuel oil en relación con la producción para los años 2017 y 2018, y como se puede apreciar en ambas figuras, existe una mejor correspondencia del comportamiento entre las dos variables estudiadas.

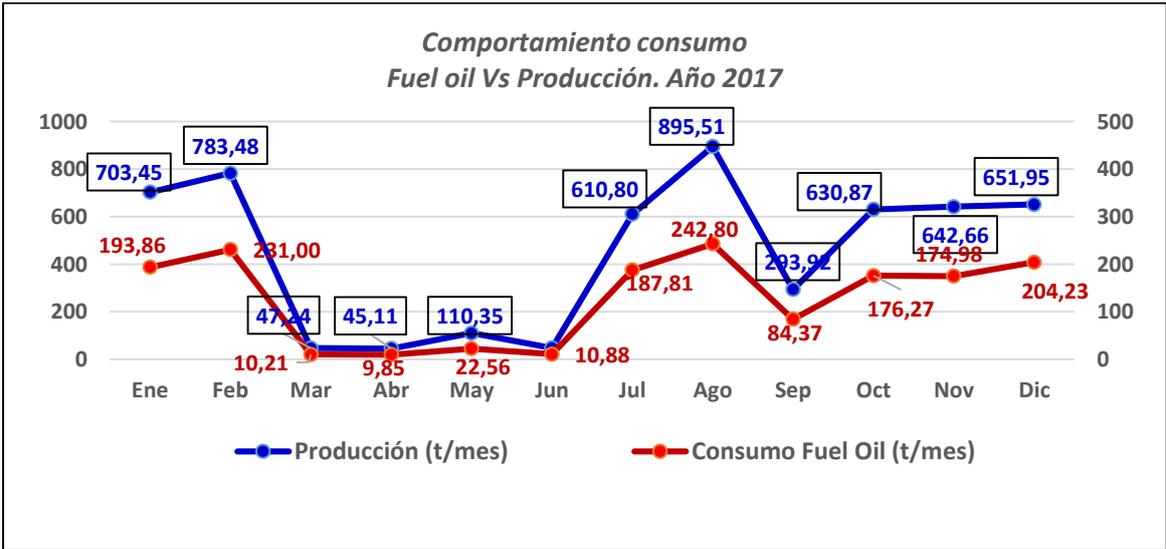


Figura 2.18: Comportamiento variación consumo Fuel oil Vs producción. Año 2017.

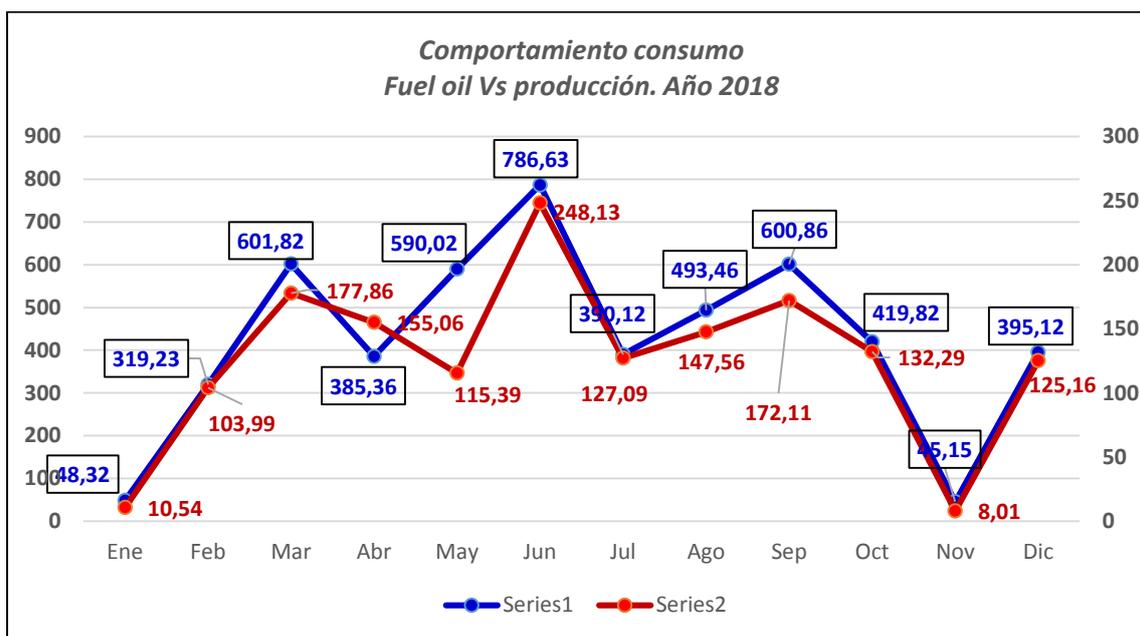


Figura 2.19:Comportamiento de la variación consumo Fuel oil Vs producción. Año 2018.

En las siguientes figuras 2.20 y 2.21 se representan los gráficos de control de la variación del consumo de combustible, en las mismas se puede observar, que el consumo se encuentra bajo control utilizando el mismo criterio para los límites de control como dos veces la desviación estándar. En la figura 2.20 para el caso del año 2017 el consumo varió en torno a un valor medio de 129.07 (t/mes), y como se puede apreciar las variaciones del consumo tienen desviaciones notables de un mes a otro, lo que confirma como en los casos anteriores la gran inestabilidad del proceso productivo. En el caso de la figura 2.21 del año 2018 se aprecia un comportamiento similar, aunque el valor medio del consumo descendió ligeramente a 125.2 (t/mes)

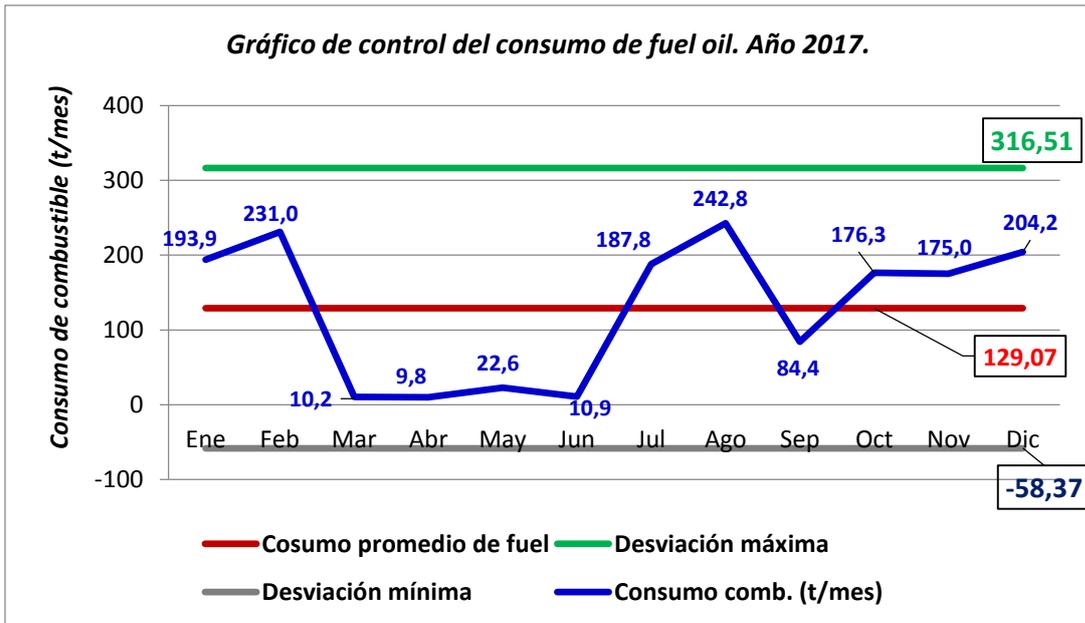


Figura2.20: Gráfico de control consumo de fuel oil. Año 2017.

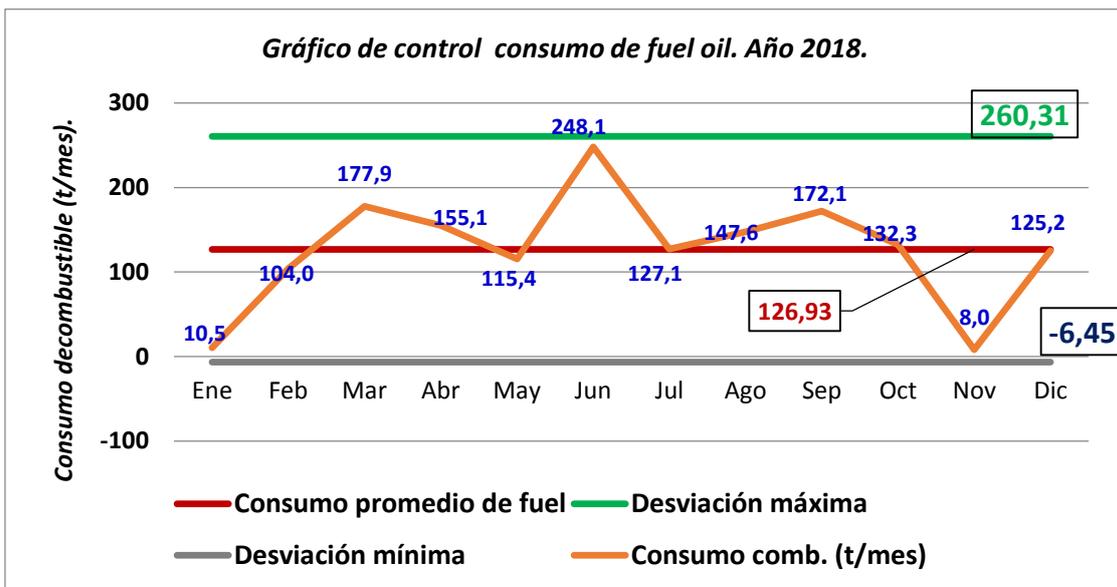


Figura 2.21: Gráfico de control consumo de Fuel oil. Año 2018.

Al igual que en el caso del consumo de la energía eléctrica, la inestabilidad del proceso productivo ejerce gran influencia en los resultados de la variación del índice de consumo del fuel oil, tal como se puede observar en las siguientes figuras 2.22 y 2.23. En el caso del año 2017 el valor medio del índice de consumo fue 0.26 (t_{comb}/t_{pap}) resultando ligeramente mejor que el del 2018 con un valor de 0.31 (t_{comb}/t_{pap})

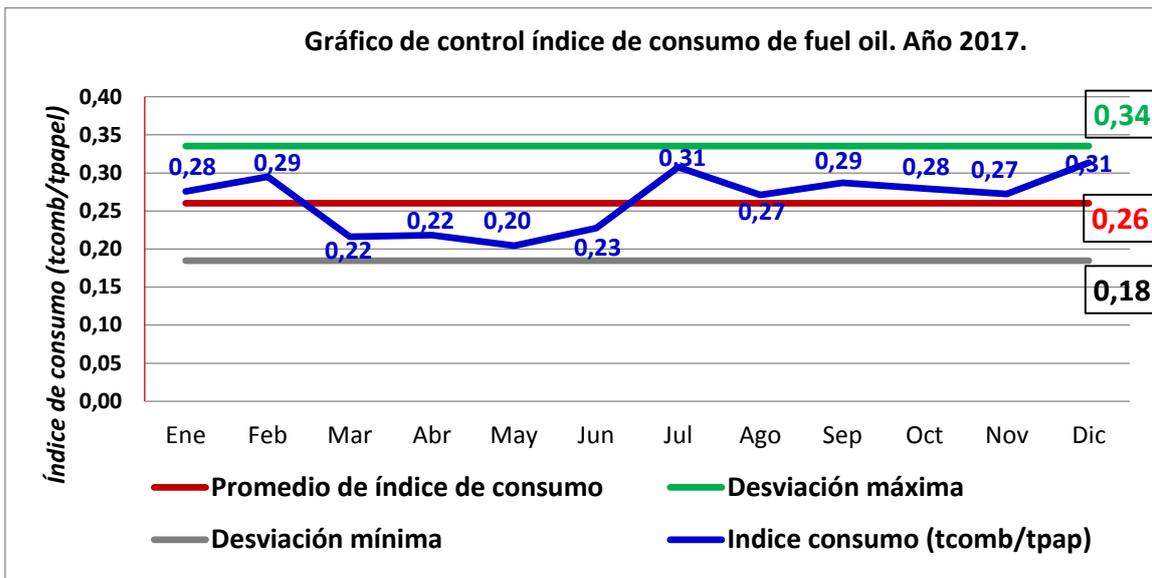


Figura 2.22: Gráfico de control del IDEn real Fuel oil. Año 2017.

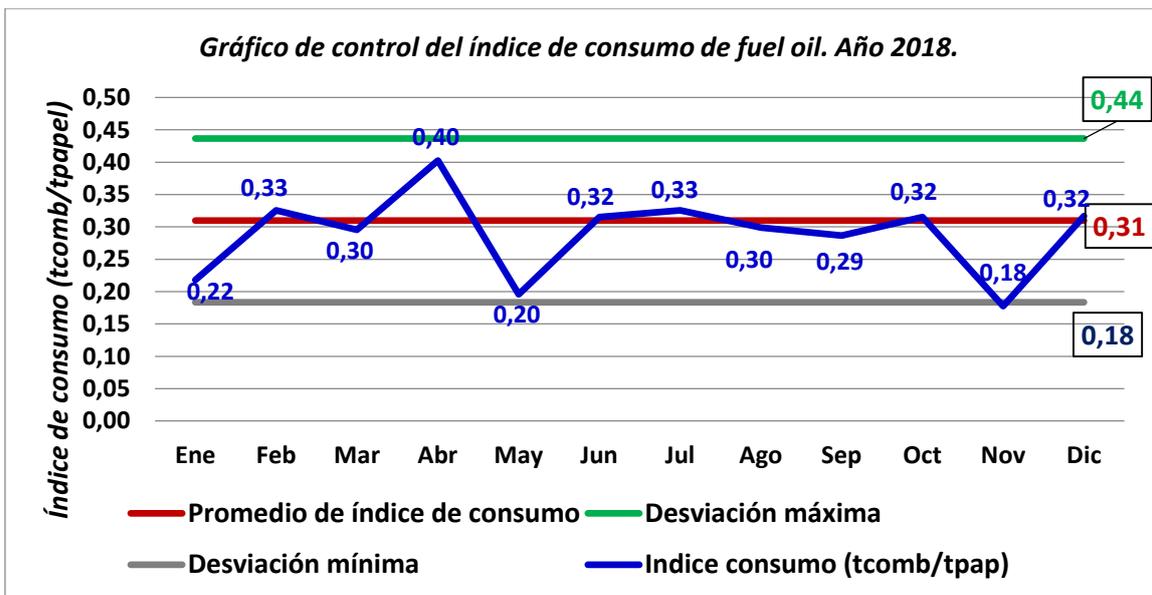


Figura 2.23: Gráfico de control del IDEn real Fuel oil. Año 2018.

Evaluación de los indicadores de desempeño del consumo de fuel oil.

En el análisis del comportamiento de la variación del consumo de fuel oil en relación con la producción, se aprecia una mejor correlación entre ambas variables en los dos años analizados, con un comportamiento de los índices de consumos muy similares. Por la razón antes expuesta se realizará solo el análisis del comportamiento del IDEn del consumo de fuel oil solo para el año 2018 tal como se muestra en la figura 2.24.

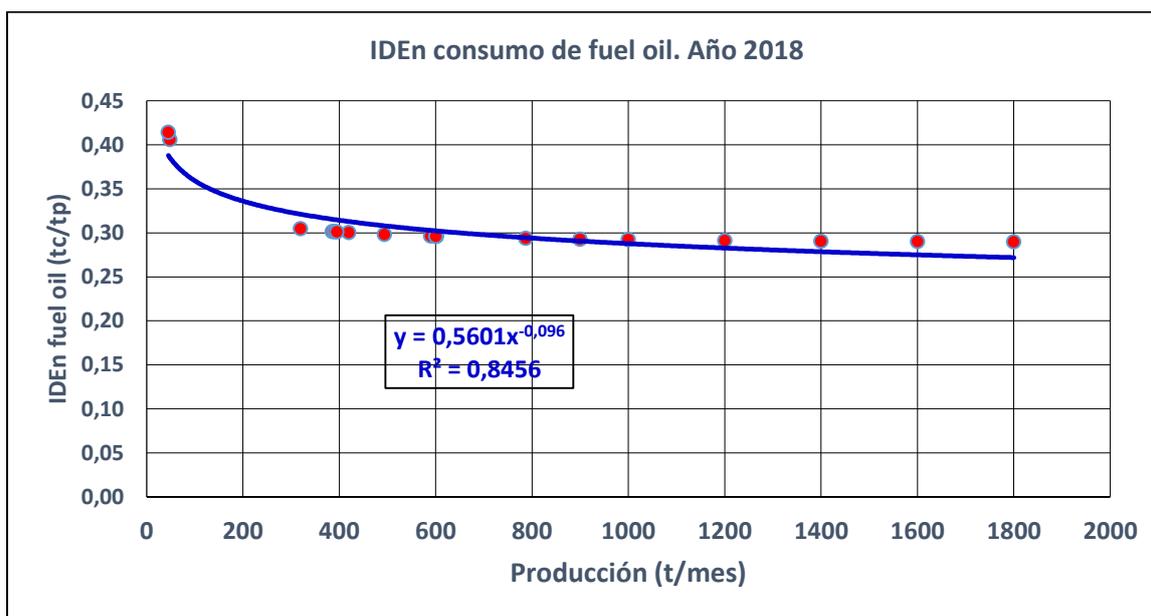


Figura 2.24: IDEn siguiendo los valores reales del consumo de fuel oil. Año 2018.

En este periodo la producción media fue de 5075.9 (t/mes) y el IDEn real de consumo de fuel oil fue de 0.30 (tc/tp), si se considera que la empresa hubiese producido al nivel de su capacidad instalada 1800 (tc/tp) según la figura 2.23 para esa producción le corresponde un IDEn de 0.29, por tanto, se produjo con una diferencia de IDEn de 0.01 (tc/tp), lo cual significa que la planta tuvo un sobre consumo anual de 50.8 t de fuel oil.

2.5.2.5. Oportunidades de mejora del desempeño energético.

1. A partir de los resultados de la evaluación preliminar del trabajo de la empresa en materia de gestión energética, en la que la misma califica como **No cumple** con los requisitos de la norma ISO 50001, se sugiere a la empresa como primera medida para mejorar su desempeño energético, la implementación en su totalidad, de los requisitos de la norma ISO 50001, asegurando con ello el mejoramiento continuo del proceso de gestión de la energía.
2. La empresa muestra una alta inestabilidad productiva y ello es la causa de las afectaciones al IDEn y se sugiere a la empresa lograr producciones estables a lo largo del año. Ello puede lograrse planificando producciones para días de altos niveles productivo y

programando paradas para mantenimiento y limpieza en los días no productivos a fin de lograr para los niveles productivos planificados los menores IDEn.

3. Se sugiere a la empresa realizar operaciones para niveles productivos no inferiores a las 1200 (t) mensuales. Ello debe reducir los Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) actuales, en el rango de (1.04 a 0.85) MWh/t) a valores en el orden de 0.63 MWh/t con una reducción del consumo de energía en el orden de 3197 a 3440 MWh año.
4. Evaluar la posibilidad de la utilización de un sistema de cogeneración en función de las condiciones futuras de la empresa.

2.5.3. Línea de base energética.

2.5.3.1. Metodología aplicada para el establecimiento de la línea de base.

Para la determinación de la línea base de los indicadores de desempeño se sigue la metodología empleada por la “Tecnología de gestión total y eficiente de la energía” del Centro de Estudios de la Energía y el Medio Ambiente de la Universidad de Cienfuegos (CEEMA). En la misma se describe para aplicar el método los siguientes elementos.

La línea de base energética, es establecida a partir de los resultados de la revisión energética, constituye la referencia a partir de la cual se medirá la evolución del desempeño energético de la organización, se monitorearán los indicadores del desempeño energético (IDEn) y se establecerán las metas energéticas. La línea base debe establecerse tomando un periodo reciente de datos confiables, normalmente de uno o dos años, donde haya existido una operación estable, sin cambios considerables en la organización. Este periodo debe reflejar la situación típica de operación de la organización.

Ella establece una referencia que posibilita la comparación entre el estado actual de desempeño de la organización y el estado inicial en el que se encontraba antes de la implantación del sistema de gestión energética.

Al constituir la base de comparación del desempeño energético, la línea base debe tener determinada estabilidad en el tiempo, aunque deben realizarse ajustes en ella cuando los IDEn ya no reflejan el uso y el consumo de energía de la organización o se hayan realizado cambios importantes en los procesos,

patrones de operación, o sistemas de energía. Se deben mantener los registros de la línea base y de sus actualizaciones.

Para construir la línea base se procede a:

- Registrar los datos de consumo de energía y producción asociada a esta para el mismo período de tiempo seleccionado (día, mes, año, etc.)
- Verificar la consistencia de la información recolectada, evaluar su validez e identificar errores, por ejemplo: valores ilógicos, equipos de medición fuera de calibración, valores de producción realizada no reales o estimados, datos tomados en condiciones no estándares de producción, etc...
- Con los valores de los consumos energéticos y la producción realizada en los períodos estudiados, se grafica un diagrama de dispersión. En el eje Y se ubica el consumo energético (E) y en el eje X la producción (P).
- Utilizar el método de los mínimos cuadrados para determinar el coeficiente de determinación (R^2) entre E y P y trazar la línea de mejor ajuste. Se calcula analíticamente la pendiente y el intercepto de la recta, expresando su ecuación de la forma:

$$E = m \cdot P + E_0$$

Donde:

E- consumo de energía en el período seleccionado

P- producción asociada en el período seleccionado

m- pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio de consumo de energía respecto a la producción. Es el valor del índice de consumo mínimo promedio de energía en el período caracterizado.

E_0 - intercepto de la línea con el eje y que significa la energía no asociada a la producción en el período analizado.

$m \cdot P$ - es la energía asociada directamente al proceso productivo.

2.5.3.2 Establecimiento de las líneas base para el desempeño energético de la planta.

La Línea Base Energética de la empresa se obtuvo a partir del procesamiento de los controles diarios que realiza el especialista energético de la entidad y que están dados en el (Anexo 7) Se utilizaron los datos correspondientes a los

años 2017 y 2018, una vez confirmados que la producción, aún con ligeras inexactitudes, corresponde a la producción mensual de la fábrica.

Línea base para la energía eléctrica.

En la fig. 2.25 se presenta la gráfica de dispersión que representa las curvas de ajustes para los datos reales de ambos años, con sus correspondientes ecuaciones y el valor del coeficiente de determinación R^2 que las representa en cada uno de los años. El objetivo de este gráfico es poder comparar y determinar la curva que mejor se ajusta a las condiciones reales de la empresa y definirla como la línea de base.

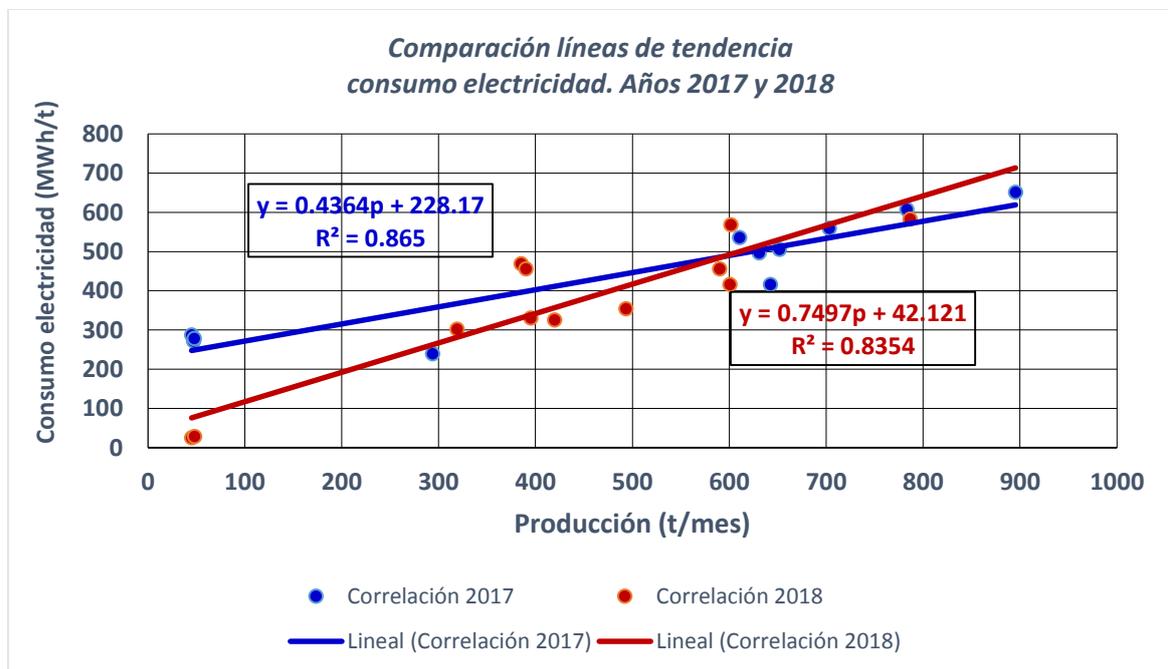


Figura 2.25: Gráfico de dispersión comparativo de la energía eléctrica Vs producción. Años 2017- 2018.

Del análisis de esta figura se puede ver que la curva correspondiente al año 2017 presenta el mejor coeficiente de determinación R^2 con un valor de 0.865 encontrándose este por encima del valor recomendado para la gestión de la energía que es de 0.75. Esta curva también proporciona, el menor valor para el índice de consumo mínimo promedio de la energía para el período analizado, por lo que ofrece los menores consumos de energía y los más bajos indicadores de desempeño. Siguiendo este análisis se determina seleccionar

como línea de base para la gestión de la electricidad en la planta la correspondiente al año 2017 que se presenta en la fig. 2.26.

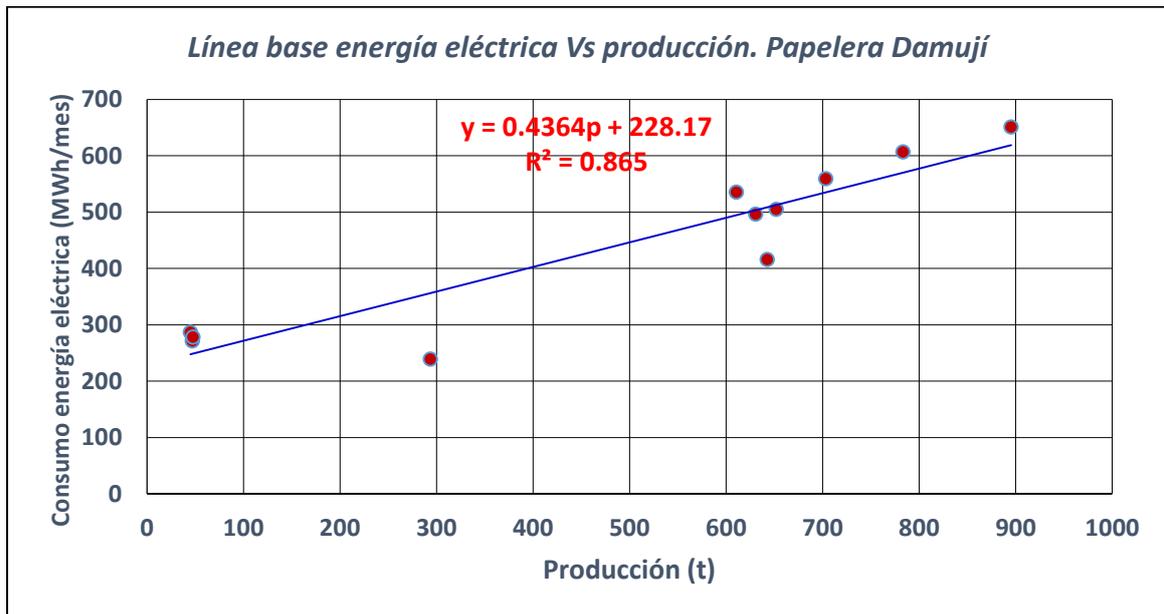


Figura 2.26: Línea de base para la gestión del consumo de energía eléctrica en la planta papelera.

Línea base consumo fuel oil Vs producción.

Para el caso de la línea base del consumo de fuel oil se realiza un análisis similar al de la energía eléctrica, y se decide seleccionar como línea base la correspondiente al año 2018 por tener un coeficiente de determinación R^2 de 0.88. Esta curva también proporciona, el menor valor para el índice de consumo mínimo promedio de fuel oil en el período analizado, con un valor de 0.2864 (tc/tp). El resultado del análisis se presenta en la fig. 2.27

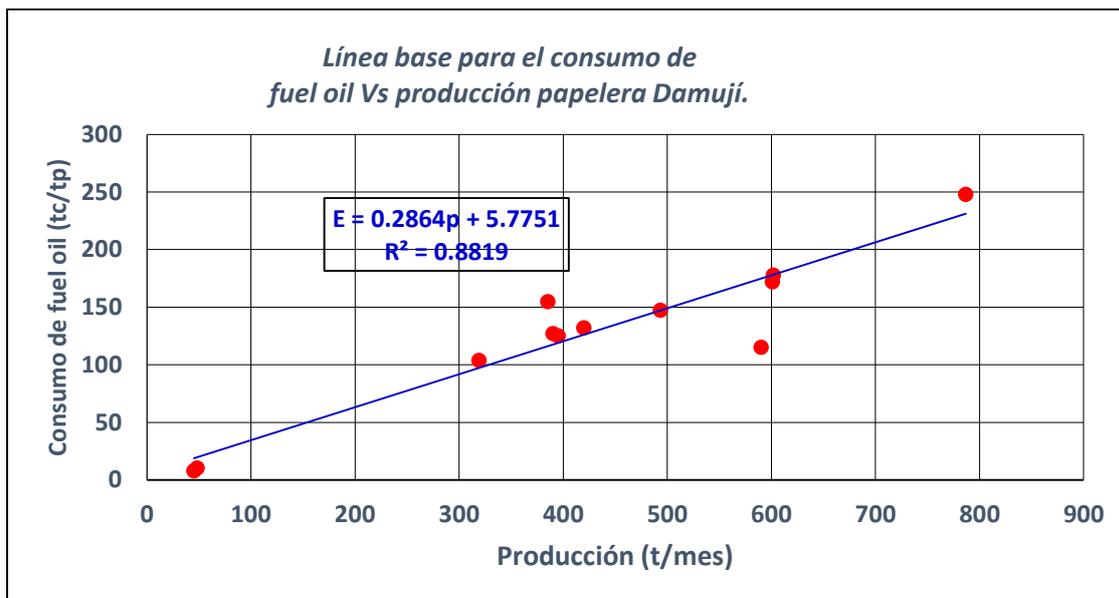


Figura 2.27: Línea base para el consumo de fuel oil Vs producción en la papelera Damují.

2.5.4. Indicadores de desempeño energético IDEn.

Los indicadores de desempeño energético (IDEn) son aquellos que se establecen con el fin de dar un seguimiento, monitoreo y control del desempeño energético de determinado proceso, área o equipo. Son cuantificables y se establecen para cada uso significativo de energía.

Estos indicadores reflejan la eficiencia, el uso y el consumo de energía y permiten evaluar en el tiempo, su cambio respecto a la línea base, medirse y seguirse con el tiempo.

IDEn consumo de electricidad.

Para el análisis del indicador de desempeño del consumo eléctrico en la planta papelera también se compara el desempeño de la planta en los años 2017 2018 y como resultado se determina que los menores índices de consumo corresponden al año 2017. En la fig.2.28 se presenta la gráfica de la curva que mejor se ajusta al comportamiento real de ese año 2017, para la determinación de los puntos que aparecen representados en la misma se utilizó como punto de partida la curva de ajuste que aparece en la línea base de la fig. 2.26, a partir de la cual se obtiene la siguiente ecuación 2.1 que se puede utilizar para estimar los índices de consumos esperados para los diferentes valores de la producción realizados.

$$IDEn = 0.4364 + \left(\frac{228.17}{P}\right)2.1$$

Donde:

P- Es el valor de la producción mensual realizada (t)

En esta gráfica se pueden observar los valores encerrados en los cuadros, de los cuales el valor de 0.63 es el índice de consumo de energía eléctrica que corresponde a una producción de 1200 (t) que representa un 67 % de la capacidad instalada, valor este por debajo del cual, el índice de consumo comienza a subir significativamente, y que se recomienda que la empresa lo utilice como su valor límite inferior por debajo del cual no debe producir. El valor de 0.56 corresponde a una producción de 1800 (t) que es la capacidad nominal de producción de la planta y se puede definir como la meta alcanzar para el IDEn. de la planta.

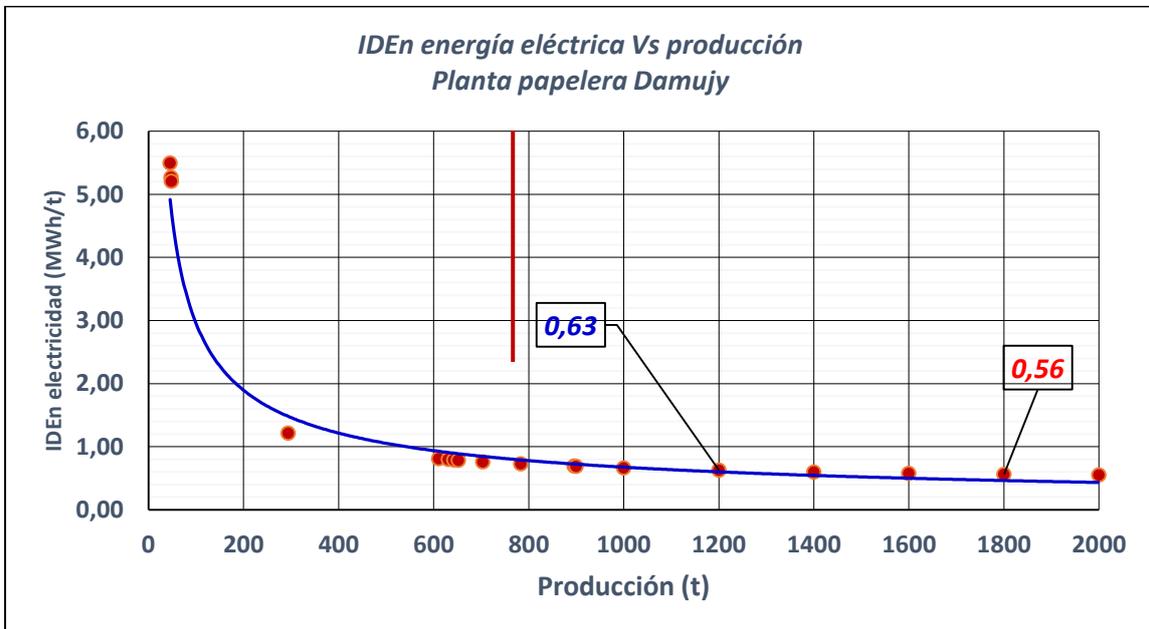


Figura 2.28: IDEn energía eléctrica Vs producción. Papelera Damují.

IDEn consumo de fuel oil

Para la selección del indicador de desempeño IDEn del fuel oil se determinó que el mejor comportamiento se corresponde con la línea base de desempeño del año 2018, la cual proporciona los menores índices de consumo para iguales rangos productivos actuales de la producción. Los resultados se muestran en la siguiente fig.2.29 para la determinación de los puntos que aparecen representados en la misma se utilizó como punto de partida la curva de ajuste que aparece en la línea base de la fig. 2.27, a partir de la cual se obtiene la siguiente ecuación 2.2 que se puede utilizar para estimar los índices de

consumos de fuel oil esperados para los diferentes valores de la producción realizados

$$IDEn = 0.2864 + \left(\frac{5.7751}{P} \right) \quad 2.2$$

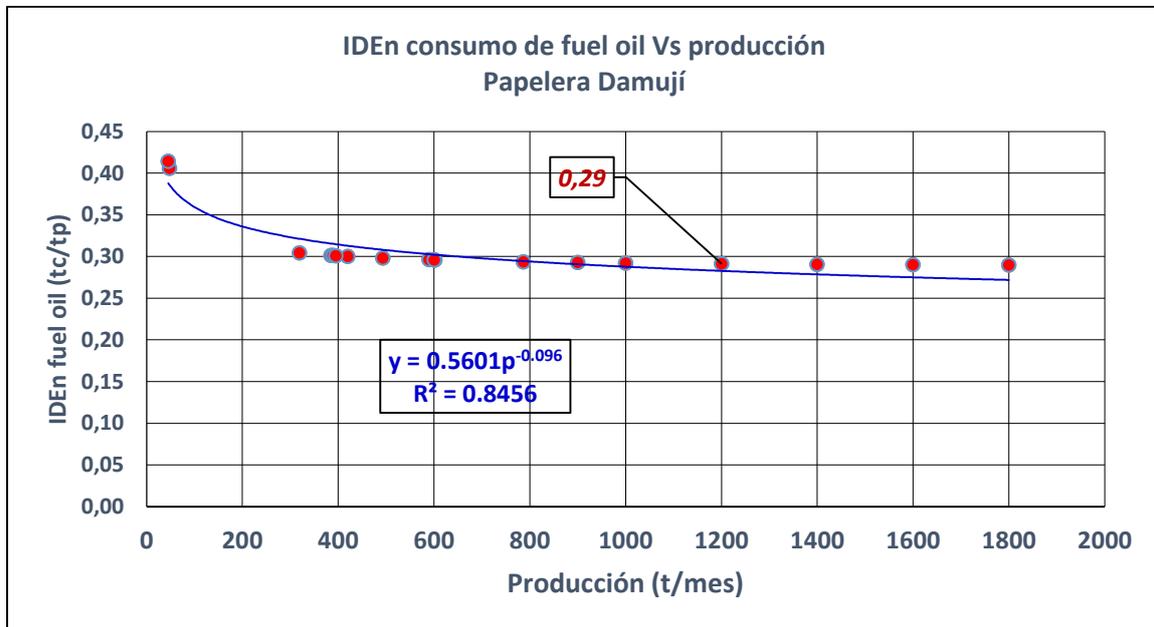


Figura 2.29: IDEn consumo de fuel oil Vs producción. Papelera Damují.

El valor de 0.29 encerrado en el cuadro al igual que el caso de la energía eléctrica, se corresponde con la producción crítica de la empresa valor por debajo del cual no se recomienda producir y que se puede tomar como el valor meta a alcanzar para el IDEn del consumo de fuel oil.

Indicador de base 100.

Otro elemento que se propone para el control de los indicadores de desempeño es el Índice de base 100. En la siguiente fig. 2.30, se muestra un ejemplo del uso del índice base 100 para el control del IDEn de la energía eléctrica en el año 2017

El valor del indicador, en el intervalo de tiempo que se ha calculado puede ser graficado. El valor 100 en el gráfico será el valor del cumplimiento de desempeño energético, por encima de 100 será la zona de conformidad del desempeño y por debajo de 100 la zona de no conformidad del desempeño.

La empresa debe definir cuanto por encima de 100, como por debajo de 100, considera una desviación significativa del indicador para realizar análisis cuando se supere ese valor.

Los resultados del análisis de la desviación significativa del indicador, así como las acciones tomadas para mantener el indicador dentro del buen desempeño energético, deben quedar registradas.

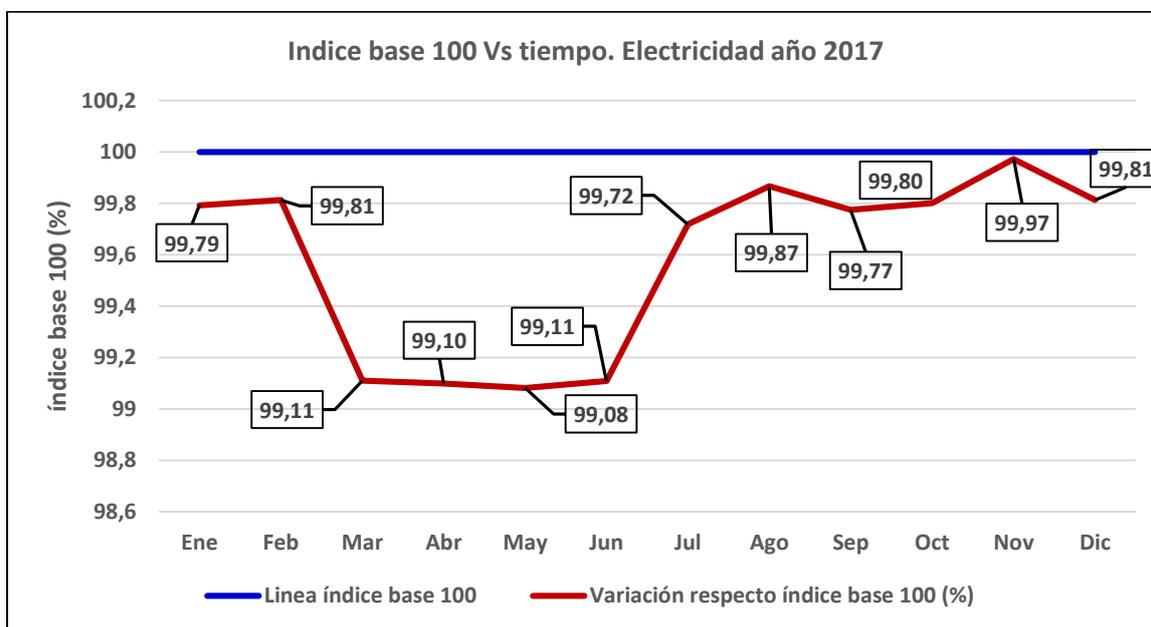


Figura 2.30: Índice base 100 Vs tiempo energía eléctrica. Año 2017.

Como se puede apreciar en la fig.2.30 en todos los meses del año 2017 los índices de consumo reales de la energía eléctrica estuvieron por encima del indicador de desempeño establecido, de ahí que todos los puntos indiquen valores por debajo de la línea de base 100 y representan las inconformidades sobre el indicador de desempeño en ese periodo.

2.5.5. Objetivos energéticos y metas energéticas.

La NC ISO 50001:2011 establece en su acápite 4.4.6 que “La organización debe establecer, implementar y mantener objetivos energéticos y metas energéticas documentados correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes dentro de la organización. Deben establecerse plazos para el logro de los objetivos y metas”, además se registra que “Los objetivos y metas deben ser coherentes con la política energética. Las metas deben ser coherentes con los objetivos”.

Dado que es una función de la organización la definición de los objetivos, metas y planes de acción, se sugiere al representante de la alta dirección y al equipo de gestión de la energía se valore la inclusión de los objetivos y metas que se proponen a continuación:

Objetivos energéticos

1. Implementar y estabilizar un sistema de monitoreo y control diario del consumo de la energía y la producción, con vistas a garantizar acciones preventivas y correctivas que permitan, corregir las inconformidades que se detectan en relación con los indicadores de desempeño durante el proceso productivo, en el menor plazo posible.
2. Incrementar la estabilidad de la producción diaria de la planta a valores no inferiores al 67 % del valor nominal, con el fin de lograr altos niveles de los indicadores de desempeño energético.
3. Controlar la efectividad del proceso productivo con el uso de la línea de base energética y los IDEn que fueron determinados y establecidos durante el desarrollo de la revisión energética.
4. Evaluar las causas que producen los bajos valores del factor de potencia con que se trabaja en la empresa, con el fin de eliminar las penalizaciones producidas por esta causa.

Metas energéticas.

1. Desarrollar planes productivos con normas de producción en el rango de 1200 a 1800 (t/mes), para estabilizar Indicadores de Desempeño Energéticos (IDEn) en el rango de 0.63 a 0.56 (MWh/t) para la electricidad y 0.29 (t_{comb}/t_{pap}) para el caso del fuel oil
2. Reducir el consumo de energía eléctrica en el orden de 4464 a 8200 MWh año y el de fuel oil en el rango de 144 a 215 t año.
3. Reducir en un 10%, la partida de costos energéticos en el costo total de producción de la tonelada de papel.
4. Reducir a cero las penalizaciones por bajo factor de potencia.

Conclusiones Parciales.

1. Como resultado de la revisión energética se determina, que la empresa alcanza la categoría de **No cumple** con los requisitos de la norma ISO 50001 al alcanzar solo un 24.3 % de avance en el cumplimiento de los requisitos que establece la norma, y la **no integralidad** de su gestión según la matriz energética.
2. Los portadores energéticos representan el segundo lugar de los gastos totales de la empresa, alcanzando un 25 % de los gastos en la producción de papel, siendo de ellos la energía eléctrica aproximadamente 52 % y el fuel oil 45 % los más importantes.
3. La empresa presenta altos niveles de inestabilidad productiva, siendo esta la causa fundamental de las afectaciones de los altos valores de los índices de desempeño energéticos (IDEn) alcanzados en el periodo analizado.
4. La empresa debe desarrollar sus planes productivos en el rango de 1200 a 1800 (t/mes), para estabilizar Indicadores de desempeño energéticos (IDEn) en el rango de 0.63 a 0.56 (MWh/t) para la electricidad y 0.29 (tcomb/tpap) para el caso del fuel oil, lo que le permitirá reducir el consumo de energía eléctrica en el orden de 4464 a 8200 MWh año y el de fuel oil en 144 a 215 t año.

CAPÍTULO 3: CÁLCULO Y SELECCIÓN DE UNA TURBINA DE VAPOR PARA LA NUEVA PLANTA DE PAPEL DE "LA PAPELERA DAMUJÍ".

La realización de este capítulo es parte crucial de esta investigación, ya que se evaluarán las características técnicas de la nueva planta, unido a la evaluación de una propuesta de un sistema de cogeneración mediante una secuencia metodológica con los elementos necesarios para realizar una correcta selección de la tecnología de generación distribuida a estos sistemas. Buscando el beneficio que podría aportar la instalación de un proceso cogenerativo.

3.1 Descripción del flujo tecnológico de la nueva planta.

Las etapas del proceso de fabricación de papel con la nueva planta serán las mismas con una diferencia significativa en los equipos en cada una de ellas, dado a que se espera producir 9 tipos de papel, aspecto significativo a tener en cuenta a la hora de realizar un estudio energético en la planta.

Desfibrado.

La materia prima se envía a hydropulper por un transportador para la desfibración con una consistencia del 4,5%. Del sistema de despulpado se bombea al sistema de limpieza de alta definición en donde es pesado, los contaminantes se eliminarán del stock, luego irá al refinador para refinar, para mejorar el rendimiento de la fibra. Luego, la pulpa refinada llega al cofre de almacenamiento y finalmente se envía al tubo de mezcla del cofre de la máquina en el taller de fabricación de papel.

Cribado fino y engrosamiento.

Es un sistema de cribado de tres etapas. El stock de aceptación de la primera pantalla se envía al filtro de disco de fibra larga. El rechazo de la pantalla final se descarga en el desagüe. Después del filtro de disco LF, la consistencia del stock es de un 10% ~ 12%. Luego se envía al sistema de dispersión LF.

Sistema de dispersión LF (fibra larga)

Después de ser engrosado por una prensa de tornillo, la consistencia del stock de LF alcanza el 30%. Luego se transporta al precalentador mediante un

transportador de tornillo y un tornillo de tapón, que se calienta con vapor en el precalentador. El stock se dispersará en el sistema de dispersión a alrededor de 85°C. Después de dispersar, el caldo se diluye a una consistencia de 4.5% con agua blanca PM, y luego se dirige al recipiente de almacenamiento LF y luego se bombea a la torre de almacenamiento LF.

Refinación.

El stock es refinado por el refinador de una etapa para mejorar el rendimiento de la fibra. El stock refinado se almacena en la torre de almacenamiento refinado.

Taller de fabricación de papel y sistema de aproximación.

El sistema de aproximación incluye tres líneas de aproximación para la máquina de tablero de tres capas.

La línea de aproximación de la capa superior incluye la caja de la máquina, la caja del silo y la pantalla de la máquina. El stock de la capa superior proviene de la sala de preparación de stock al cofre de la máquina para la capa superior. Después de que las existencias se bombean a una caja de silo. Hay un 5 ~ 10% de desbordamiento en la caja de silo para mantener un suministro de stock estable. Hay una válvula de control de flujo entrelazada con el sistema QCS de la máquina de placa para controlar el suministro de material y, por lo tanto, se controla el peso básico de la placa superior. A través de un silo, el stock fino mezclado con el flujo de retorno de la caja de la capa superior se diluye con agua blanca espesa y se bombea a una pantalla de máquina de baja pulsación a través de una bomba de ventilador de baja pulsación. La bomba de ventilador está equipada con un motor de frecuencia variable.

Máquina de papel

La máquina de cartón consta de una sección de conformación, una sección de prensa y una sección de secado.

Se decide utilizar tres cajas de cabezales de presión de aire, tres secciones de formación Fourdrinier; sección de prensa con prensa de succión más prensa de zapata, sección de prensa usa sistema de carga hidráulico; sección de la

secadora, unidad de caja de cambios mini y bastidor tipo Y, capó cerrado, lubricación con aceite y sistema de roscado.

La sección de conformado consta de una caja de aire de presión y tres barriletes, los elementos de deshidratación se disponen de acuerdo con el peso base máximo y el trabajo más alto.

La sección de conformación consta de rodillo de seno, placa de formación, caja de succión de jogging, caja de lámina de vacío de baja presión, caja de succión plana de alto vacío, rodillo de succión, rodillo de accionamiento de alambre, rodillo de formación, etc. También está equipado con cable. Guía de rodillo, camilla, guiador automático.

Ducha de alta y baja presión, médico de limpieza, pasarela, cubeta de agua blanca, tuberías de vacío.

La sección de prensa consiste en prensa de succión. La sección del secador está equipada con 33 juegos de cilindros de secado Ø1800 y 5 juegos de desenrollado de Ø1500, disposición del secador, cada lienzo está equipado con guiador automático de neumáticos y camilla, sección de secado, conducción conectiva directa.

Después de la sección de post-secado, la hoja se lleva a un juego de calandrado de dos rollos. Consta de bastidor, rodillo superior, rodillo inferior, guía móvil, carga hidráulica de uso inferior, cargue la línea de contacto hasta 100N / mm, la presión de diseño es de 120N / mm. Está equipado con un médico móvil para el rodillo superior e inferior para la limpieza del rodillo.

Sistema de vapor y condensado.

El sistema proporcionará un drenaje confiable de todos los secadores en todas las condiciones y velocidades con la máxima transferencia de calor y el uso eficiente del vapor. Utilizando válvulas de control de presión para controlar la presión de cada secadora, utilizando válvulas de control de presión diferencial para controlar el drenaje de la secadora. El nuevo sistema proporcionará un control confiable tanto en la marcha como en la interrupción para una alta eficiencia de la máquina y un bajo mantenimiento.

Sistema de recuperación de agua blanca y fibra.

El proceso de fabricación de agua blanca en papel se reutiliza de diferentes maneras. Para la capa superior, el agua blanca se utiliza para diluir el stock de la capa superior en el sistema de aproximación. Otras aguas blancas se envían al sistema de preparación de stock. El agua blanca del alambre de relleno y el hilo inferior fluyen hacia un pozo de sellado, luego se desbordan hacia el cofre de agua blanca, donde el agua blanca se bombea a la torre de agua blanca. El agua blanca de la torre de agua blanca se bombea al filtro de disco. Hay tres tipos de agua: turbia, clara normal y súper clara. El agua blanca turbia se bombea a la torre de agua blanca. En primer lugar, se utiliza para la fabricación de pasta en el taller de fabricación de papel y, en segundo lugar, para la dilución del stock en el sistema de preparación del stock. El agua blanca súper clara, cuyo SS es menor a 50 PPM, actúa como la ducha para el cable de alta presión y el rodillo de presión. El agua blanca clara normal se utiliza como agua de control de consistencia y ducha de alambre de baja presión. La fibra del filtro de disco se enviará a la caja de mezcla para el relleno para la recuperación.

Sistema de vacío

La función del sistema de vacío de la máquina de papel es eliminar el agua de la banda de papel, transferirla y evitar que los fieltros se ensucien y tapen. En el extremo húmedo de la máquina de papel, el equipo de vacío se utiliza para aumentar el contenido de papel seco antes de la sección de secado. Cuanto mayor es el contenido de sólidos del papel, menos vapor se necesita para secarlo en la secadora.

Los equipos principales en el sistema de vacío incluyen: separadores, ventilador ID, bombas de vacío, torre de enfriamiento y así sucesivamente.

Las bombas de vacío están conectadas a las posiciones de succión a través de separadores de agua. Las conexiones de la bomba de succión están diseñadas de modo que, si una bomba deja de estar operativa, otras pueden compensarla una vez que se reconfiguran las conexiones de la posición de vacío. Las bombas de vacío necesitan un suministro continuo de agua de sellado en la cantidad adecuada. Cada bomba de vacío tiene su propia unidad de control

para mostrar el volumen de agua del sello. El agua del sello de la bomba de vacío es generalmente recirculada para reducir el consumo de agua dulce.

Sistema químico.

La línea de almidón está equipada con tanques de cocina, tanque de almacenamiento, bombas dosificadoras, filtro y mezclador, tanque de alimentación y sistema de pantalla. La pasta de almidón preparada en el tanque de cocina se envía al tanque de almacenamiento de almidón, y luego se bombea al filtro y al mezclador, luego se va al tanque de alimentación. Después que el almidón se bombea al sistema de pantalla. Todo el sistema de preparación de químicos se actualizará de acuerdo con el mercado local.

Sistema de acabado.

El sistema de acabado incluye un enrollador y un conjunto de sistema de manejo de rollos.

Una vez que el rollo jumbo se termina en el acelerador, se lleva a la bobinadora con una grúa. La velocidad de diseño de la devanadora es de 1200 m / min con 4 cuchillas. La moldura de la devanadora se transporta hasta el acabado de la trituradora. Los últimos rollos avanzan por la rampa a la mesa de clasificación. Finalmente, el rollo es transportado por el montacargas de sujeción al almacén para su almacenamiento.

En función de los datos de consumo del proceso y otra especialidad, la carga eléctrica estimada para cada departamento y el balance de consumo de energía se enumeran en la tabla a continuación. La capacidad de potencia instalada y el consumo de energía eléctrica deben ser:

Tabla 3.1. Consumo de energía eléctrica.

Área	Potencia instalada kW	Promedio activo Carga kW
Preparación	2044	1329
Máquina de papel	4745	3084
Estación de aire comprimido	330	220

Estación de suministro de Agua cruda	60	30
Planta de aguas residuales	210	126
Total	7389	4789

La siguiente tabla muestra información brindada por la papelera sobre los parámetros de trabajo de la caldera y del vapor demandado en el proceso.

Tabla 3.2. Datos de la Caldera. (Ingeniería Básica dada por la UEB).

Caldera	Parámetros
Presión de suministro de vapor (MPa)	1,25
Temperatura del vapor a la salida de la caldera (°C Vapor saturado)	193
valor calórico de combustible (kJ/kg)	40583.53
consumo de fuel oil (kg/h)	1264
Capacidad Caldera (kg/h) (2 calderas)	20 000
Consumo de vapor en el proceso de fabricación del papel (kg/h)	15 000
Presión del vapor a proceso (MPa)	0,6-0,8
Temperatura del vapor a proceso (°C)	180

El sistema de cogeneración producirá simultáneamente energía eléctrica y térmica. Su capacidad de producción se diseñará para cubrir parte de la demanda eléctrica y térmica de la planta. La cual funcionará las 24 horas del día 24 días al mes de forma ininterrumpida a un 100% de su capacidad siempre y cuando las condiciones de operación lo permitan, únicamente se harán las paradas necesarias para mantenimiento y reparaciones.

3.2.Análisis de prefactibilidad técnica.

A partir de los datos mostrados en la tabla anterior se realizaron los cálculos adecuados para la selección del sistema, los cuales arrojaron los siguientes resultados.

La Relación Calor Electricidad (Rce) es una medida de la cantidad de Calor kWh de vapor de proceso producido por kWh de Energía Eléctrica.

$R_{ce} = \text{kWh de vapor/kWh de electricidad}$. Ec.3.1

$R_{ce} = 169095 \text{ kWh de vapor/ } 7400 \text{ kWh de electricidad}$. Ec.3.2

$R_{ce} = 22.85$. A capacidad máxima.

Los ciclos típicos de cogeneración con turbina a vapor se aplican cuando el costo de los combustibles es bajo, está disponible y $R_{ce} > 4$.

3.2.1. Alternativas seleccionadas.

(Según los criterios de selección se evalúan las alternativas con una $R_{ce} > 4$)

(tabla 1.1)

Las alternativas de Sistema de cogeneración adecuado al desempeño del proceso industrial de producción de papel y cartón corrugado de la papelera:

1. Turbina de vapor a contrapresión.
2. Turbina de vapor con extracción- condensación.

Estas alternativas deben cumplir con una generación de vapor para proceso de 15000 kg Vap/h y una demanda eléctrica máxima de 7400 kWh.

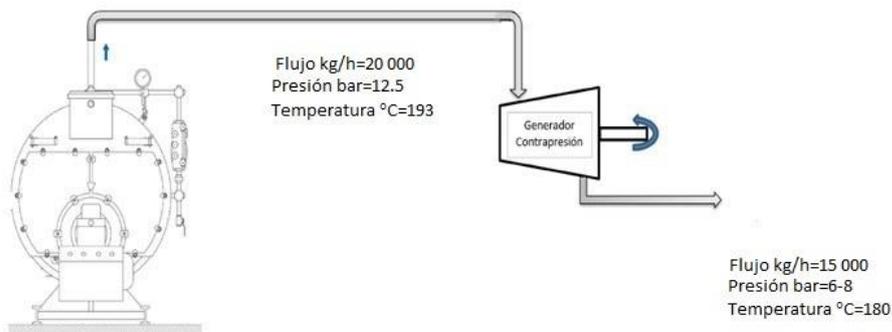


Figura 3.1: Diagrama de flujo propuesto con turbina a contrapresión.

3.2.2. Cálculos para la turbina a contrapresión.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente y contemplando los parámetros de entrada y salida del sistema se procede a ejecutar el cálculo de la turbina, para se considera que no hay cambios en la Energía Cinética es decir $\Delta E_c = 0$, de igual manera se considera que no existen cambio en la Energía Potencial es decir $\Delta E_p = 0$, considerando que la turbina se comporta de manera adiabática es decir $Q = 0$.

A continuación, se define el estado 1(entrada del sistema) y el estado 2 (salida del sistema):

ESTADO 1: vapor a 12.5 Bares (1250 kPa) con una temperatura de saturación de 189.84 °C con $T_1 > T_{sat}$ es vapor sobrecalentado, de acuerdo con las tablas de vapor sobrecalentado a 1.25 MPa y 193 °C, H (kJ/Kg) =2786.3.

ESTADO 2: vapor a 8 Bares (800 kPa) con una temperatura de 180 °C (mezcla) H (kJ/Kg) =2780.

Teniendo en cuenta lo anterior se realiza el balance energético del sistema:

$$\text{➤ } E \text{ entrada} - E \text{ salida} = dE/dt = 0 \text{ (estado estable) } \text{ Ec.3.3}$$

$$\text{➤ } Q - W = \Delta H + \Delta E_p + \Delta E_c \text{ Ec.3.4}$$

Teniendo en cuenta las condiciones indicadas al inicio, se obtiene la siguiente formula:

$$W = \Delta H = m (h_b - h_a) \quad \text{Ec.3.5}$$

Donde,

m = flujo de vapor.

ΔH = variación de entalpía en la entrada y salida de la turbina.

h_a = entalpía a la entrada de la turbina.

h_b =entalpía a la salida de la turbina.

W = trabajo de la turbina.

Tabla 3.2. Resumen de los cálculos de la turbina.

m (kg/s)	5.5
hb (kJ/kg)	2780
ha (kJ/kg)	2786.3
W (kW)	480
W (MW)	0,5
Generación (MW/día)	12
Steam Rate (Kg Vap/kW)	41.7

Con el uso de esta turbina se supliría el 6.66 % del total de energía eléctrica demandada por la planta.

3.2.3. Cálculos para la turbina a extracción condensación.

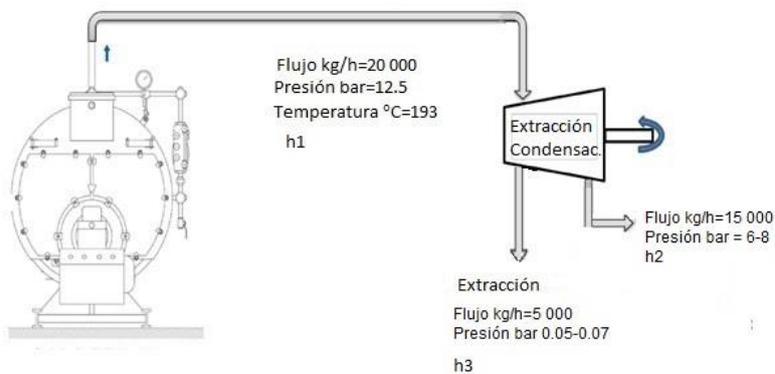


Figura 3.2: Diagrama de flujo propuesto a extracción condensación.

Siguiendo la metodología antes utilizada para una turbina a contrapresión se realiza entonces el balance del sistema.

➤ E entrada - E salida = dE/dt = 0 (estado estable) Ec.3.6

➤ Q - W = ΔH + ΔEp + ΔEc Ec.3.7

Consideraciones.

$$\Delta E_c = 0 \quad \text{Ec.3.8}$$

$$\Delta E_p = 0 \quad \text{Ec.3.9}$$

$Q = 0$ (comportamiento adiabático)

Teniendo en cuenta estas condiciones se obtiene la siguiente forma:

$$W = \Delta H \quad \text{Ec.3.10}$$

$$W = m \cdot h_1 - (m-x) \cdot h_2 - x \cdot h_3 \quad \text{Ec.3.11}$$

Donde,

x = flujo a condensación.

m = flujo de vapor total

ΔH = variación de entalpía

h_1 = entalpía a la entrada de la turbina.

h_2 = entalpía de vapor a proceso.

h_3 = entalpía de extracción.

Tabla 3.3. Resumen de los cálculos de la turbina.

m (kg/s)	5.5
X(kg/s)	1.4
h2 (kJ/kg)	2780
h1 (kJ/kg)	2786.3
h3 (kJ/kg)	2570
W (kW)	1150
W (MW)	1.15
Generación (MW/día)	27.6
Steam Rate (Kg Vap/kW)	17.4

Con el uso de esta turbina se supliría el 16 % del total de energía eléctrica demandada por la planta.

3.3.4.Evaluación del rendimiento global del sistema de cogeneración (eficiencia energética).

El objetivo de las plantas de cogeneración es la producción combinada de potencia y calor, por lo cual tanto el trabajo como el calor útil constituyen productos de la planta. Por consiguiente, no solo se persigue en el diseño alcanzar un elevado rendimiento térmico en la producción de potencia, sino un rendimiento global.

$$\eta_{gcg} = \frac{E_{cg} + Q_{cg}}{E_{pcg}}$$

Ec.3.12

Ecg: Energía Eléctrica Generada.

Qcg: Calor Cogenerado (en Vapor de proceso).

Epcg: Energía Primaria Consumida por el Sistema.

Alternativa 1.

		KGCC
Ecg(kWh/mes)	276480	346,48
Qcg(kWh/mes)	4709839	
Epcg(m3)	748,775	641,63
hgcg(%)	54	

Alternativa 2.

		KGCC
Ecg (kWh/mes)	662400	469,67
Qcg(kWh/mes)	4709839	

Epcg (m3)	748,775	641,63
hgcg (%)	73	

Por Evaluación del Rendimiento Global del Ciclo de Cogeneración, la mejor alternativa es la número 2.

Como se puede observar hay dos opciones de turbinas, una a contrapresión con la que solo se podría generar 480kW y otra de extracción condensación con la que se generaría 1150kW, con las condiciones de trabajo que tendría la planta y con el generador de vapor con el que se cuenta no se podrá generar los 7400kW que se necesitan.

Existen dos posibles soluciones, una aumentar los parámetros de la caldera para aumentar la potencia con ese flujo o aumentar la capacidad de la caldera en t/h y usar extracción condensación o combinar las dos soluciones aumentar los parámetros de la caldera y su capacidad con extracción condensación. Se tendría que estudiar si hay agua suficiente para condensación.

Ahora, la nueva planta cuenta con dos calderas de iguales dimensiones, si trabajasen las dos se duplicaría la producción de vapor y la potencia, si se usa una turbina a contrapresión el flujo que puede pasar por la misma es el que se necesita en el proceso, el resto se botaría a la atmósfera la cual es una práctica incorrecta, si se podría usar entonces extracción condensación, teniendo en cuenta la cantidad de agua a condensación, la mejor opción es aumentar los parámetros del vapor para que aumente la potencia sin necesidad de aumentar el flujo de vapor.

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente se propone como solución la turbina de extracción condensación, ya que cuenta con un mejor desempeño energético, mejor rendimiento global y cubre un mayor porcentaje de la total demandada.

Conclusiones del capítulo.

1. La implementación de un sistema de cogeneración en el sector paplero constituye un avance notable hacia la eficiencia energética y los beneficios que aporta tanto a la industria como al medio ambiente.
2. Con la aplicación de la solución propuesta se podría suplir el 16% del total de energía eléctrica demandada por la planta de papel, lo cual representa una mejora significativa del proceso. Con el uso de las dos calderas se duplicaría la energía generada.

CONCLUSIONES.

1.La Gestión eficiente de la energía, constituye una herramienta fundamental en las aspiraciones que se desean alcanzar, para el ahorro de los portadores energéticos y el incremento de la eficiencia energética de los procesos productivos y de los servicios en el mundo.

2.Como resultado de la revisión energética se determina, que la empresa alcanza la categoría de **No cumple** con los requisitos de la norma ISO 50001 al alcanzar solo un 24.3 % de avance en el cumplimiento de los requisitos que establece la norma, y la **no integralidad** de su gestión según la matriz energética.

3.Los portadores energéticos representan el segundo lugar de los gastos totales de la empresa, alcanzando un 25 % de los gastos en la producción de papel, siendo de ellos la energía eléctrica aproximadamente 52 % y el fuel oil 45 % los más importantes.

4.La empresa presenta altos niveles de inestabilidad productiva, siendo esta la causa fundamental de las afectaciones de los altos valores de los índices de desempeño energéticos (IDEn) alcanzados en el periodo analizado.

5.La empresa debe desarrollar sus planes productivos en el rango de 1200 a 1800 (t/mes), para estabilizar Indicadores de desempeño energéticos (IDEn) en el rango de 0.63 a 0.56 (MWh/t) para la electricidad y 0.29 (tcomb/tpap) para el caso del fuel oil, lo que le permitirá reducir el consumo de energía eléctrica en el orden de 4464 a 8200 MWh año y el de fuel oil en 144 a 215 t año.

6.Como resultado de la evaluación de prefactibilidad técnica, una turbina a extracción –condensación sería capaz de generar 1150 kW y satisfacer el 16 % de la demanda de energía eléctrica de la nueva planta de papel, ayudando a la vez a la eficiencia del proceso y el ahorro de energía primaria de la papelera como a disminuir la contaminación del medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con el estudio y llegar a implementar un Sistema de Gestión de la Energía en la papelera según los requisitos de la ISO 50001.
2. Llevar acabo un monitoreo y control diario de los energéticos y de la producción para un mejor análisis.
3. Gestionar el montaje de otro banco de capacitores que contribuya a elevar el bajo factor de potencia de la papelera.
4. Realizar un estudio de factibilidad económica sobre la posibilidad de implementar un sistema de cogeneración con turbina de extracción condensación para la nueva planta de papel.

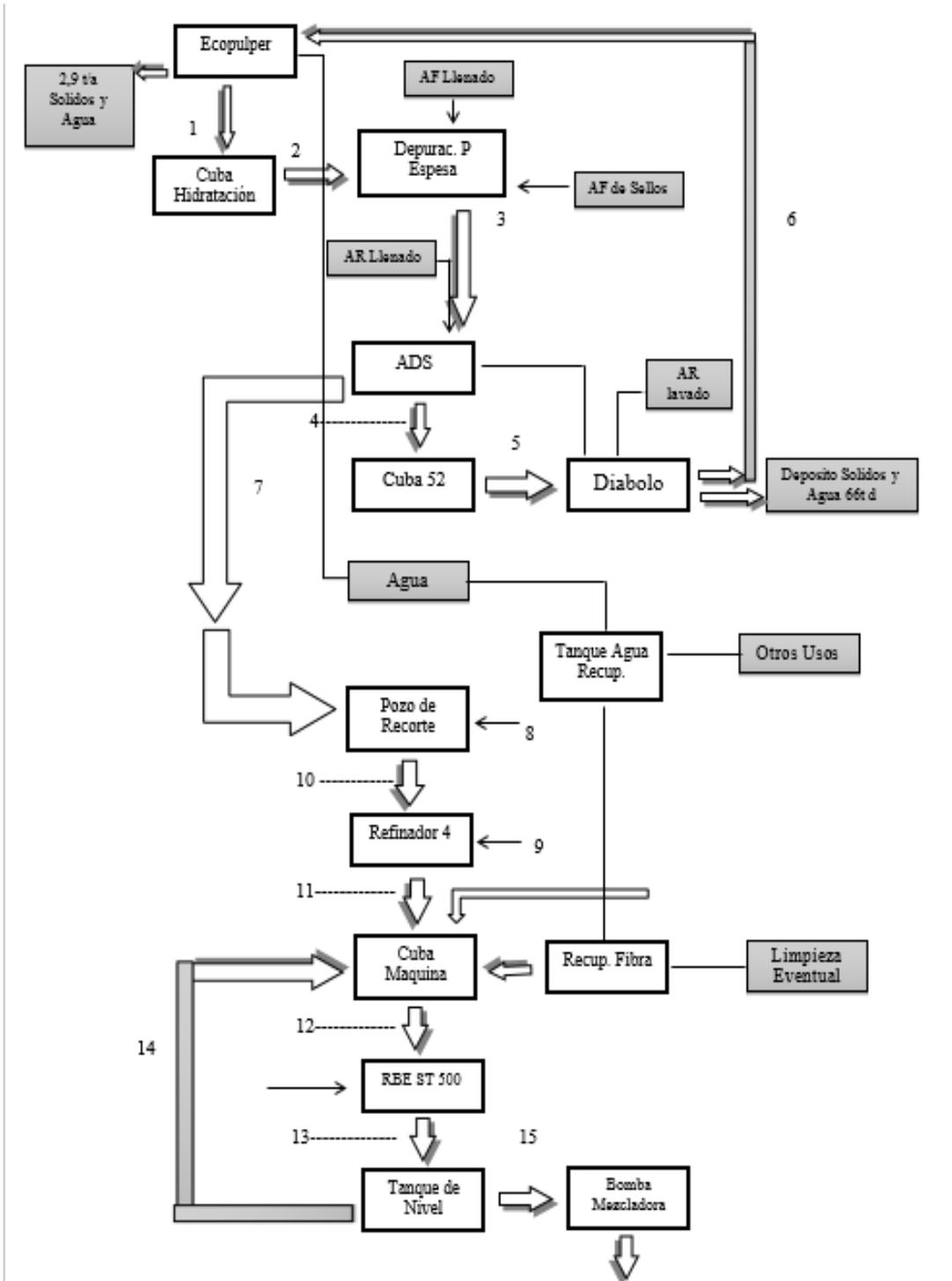
BIBLIOGRAFÍA

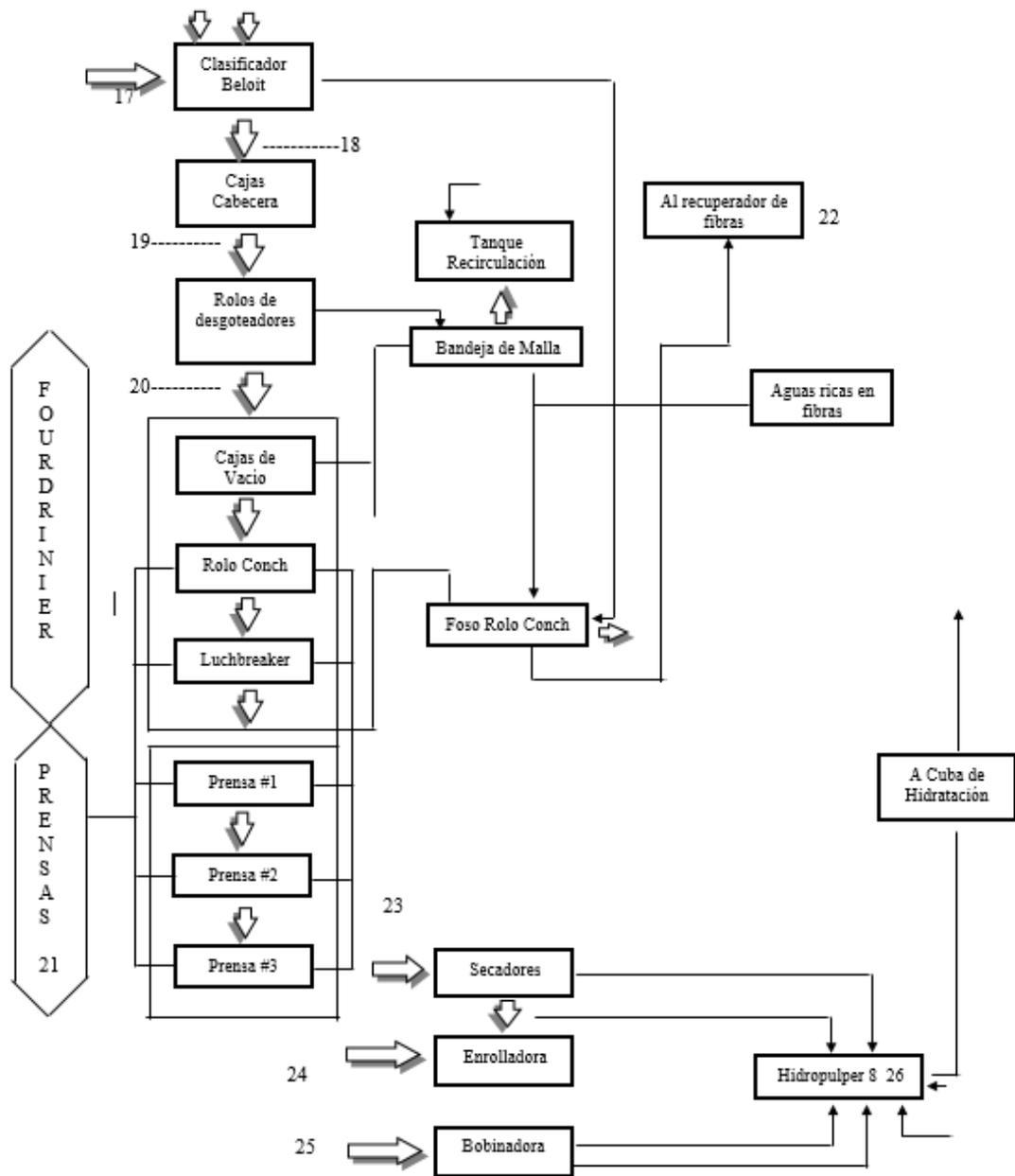
- García Garrido, S. (2019). *RENOVATEC*.
- Betz, F. (2009). *Combined Cooling, Heating, Power and Ventilation CCHPN System Integration. Tesis Doctoral*. Pittsburgh, Pennsylvania: Carnegie Mellon University.
- Blanco, A. (2017). *Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe*.
- Borroto Nordelo, A. E., Gonzalez, F., & De Armas, M. A. (2008). *Temas avanzados de cogeneración y generación distribuida*. Universidad de Cienfuegos: Felix Varela.
- Borroto, A. (2002). *Gestión Energética Empresarial*.
- Comisión Nacional de Actividades Especiales. (1995). *Comisión Nacional para el ahorro de energía. Diseño de sistemas de cogeneración*. México.
- Cruz, A. M. (2015). *Panorama energético global*.
- Oficina Nacional para el control del uso racional de la energía. (2010). *Energía Renovable en América Latina*.
- Asociación Española para la calidad. (2006). *Gestión y Economía Energética*.
- Gonzalez Perez, F. (s.f.). *Sistemas de cogeneración y Generación Distribuida*. Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba
- Gonzalez, F., Castellanos Alvarez, J. A., & Puerta Fernandez, F. (2000). *Remodelación para la cogeneración de un ingenio azucarero de la Provincia de Cienfuegos*. Centro Azúcar.
- Grupo Sociedad Central de Arquitectos. (2010). *Fabricación de papel*.
- ISO 50001. *Sistemas de Gestión Energética*. (2011). *creara*.
- Lapido Rodríguez, M. (2015). *La red de Eficiencia Energética en acciones nacionales para la implementación de la Norma ISO 50001*.

- Llama, P. L. (2009). *eficiencia energetica y medio ambiente*. ESPAÑA.
- Los Sistemas de Gestion Energetica. (2011). *Asociacion española para la calidad*.
- Monteagudo Llanes, J. P. (2005). *HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA EMPRESARIAL*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Nicolás, M. R. (2010). *Guía de la Cogeneración*. Madrid, España:Fenercom Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- Oficina del Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Situación actual y futura del Sistema Eléctrico Cubano. Informativo presentado en PABEXPO:Feria Internacional de Energías Renovables*. La Habana,Cuba.
- Petchers, N. (2003). *Combined Heating.Cooling and Power Handbook:Technologies and Applications*.
- Plauchú, L. A. (2011). *Cogeneración*. Petroquímica Morelos. Coatzacoalcos.Mexico.
- Rivera, M. P., & G.B.C.D, S. (2018). *Analisis de la política energética a partir del cumplimiento de las reducciones de dióxido de carbono entre países de america latina con economía extravista,Facultad de Ciencias Básicas*.
- Rodríguez D, J. J. (s.f.). *Energía Eficiente,Cogeneración.Presente y futuro de la microgeneración.Asociación Española de Cogeneración ACOGEN*.
- Sala Lizarraga, J. M. (1994). *Cogeneración. Aspectos Termodinámicos, Tecnológicos y Económicos*. Universidad del Pais Vasco.Bilbao.

ANEXOS

Anexo 1: Flujoograma del proceso productivo de la Papelera Damují.





Anexo 2: GUIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA BASADO EN LA NC ISO 50001. (Análisis de Brechas) Calificación 1. Cumple, 2. En proceso, 3. No cumple.

<i>Verificación del cumplimiento de los requisitos</i>	<u>CALIFICACIÓN</u> 1,2 y 3	<i>Responsable</i>	<i>Evidencia</i>	<i>Observaciones</i>
4.1. REQUISITOS GENERALES	1			
¿La organización ha establecido, documentado, implementado, mantenido y mejorado un SGEN de acuerdo con la NC ISO 50001?	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
¿La organización ha definido y documentado el alcance y los límites de su SGEN?	1			Hay que definirlo
¿Existe suficiente evidencia para concluir que el SGEN está completamente implementado y que se hace seguimiento a su eficiencia? (Verificar por lo menos un período de tres meses de evidencia objetiva)	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
4.2. RESPONSABILIDAD	1,35			

DE LA DIRECCIÓN				
¿La alta dirección ha demostrado su compromiso de apoyar el SGE n y mejorar continuamente su eficacia cumpliendo con sus responsabilidades?	1			La Alta Dirección muestra interés en implementar un SGE n.
¿Define, implementa y mantiene una política energética?	1			Requiere elaboración
Nombra un representante de la dirección y aprueba la formación de un equipo de gestión de la energía.	3			Esta aprobado el representante y los miembros del equipo
Proporciona los recursos necesarios para establecer, implementar y mantener el SGE n.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Identifica el alcance y los límites que se abordan en el SGE n	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Comunica a los miembros de la organización la importancia de la gestión de energía.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Se asegura que los objetivos y metas de la eficiencia energética se establecen.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Se asegura que los IDEn (Indicadores de Desempeño Energético) son adecuados para la	3		Existen IDEn	

organización.				
Considera la gestión energética en la planificación a largo plazo.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Se asegura que los resultados se miden y se informan a intervalos determinados.	3			Se informan a la Emp. Eléctrica
Realiza revisiones periódicas al sistema de gestión.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Representante de la dirección				
La alta dirección ha designado a un representante de la dirección con las habilidades y competencias adecuadas para asegurar que el SGEEn se establece, se implementa, mantiene y mejora continuamente de acuerdo a los requisitos de la NC ISO 50001.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
El representante de la dirección informa sobre el desempeño energético y el desempeño del SGEEn a la alta dirección.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
El representante asegura que la planificación de las actividades de gestión de la energía es diseñada	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección

para apoyar la política energética de la organización.				
Define y comunica responsabilidades y autoridades para facilitar la gestión eficiente de la energía.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Determina los criterios y métodos necesarios para asegurar que tanto la operación como el control del SGEEn son eficaces.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Promueve la toma de conciencia de la política energética y de los objetivos en todos los niveles de la organización.	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
4.3. POLITICA ENERGÉTICA	1			
¿La política energética es apropiada a la naturaleza, escala, uso y consumo de la energía de la organización?	1			Requiere elaboración
¿Incluye un compromiso para asegurar la disponibilidad de información, de los recursos necesarios para alcanzar los objetivos, metas y para cumplir con los requisitos legales y	1			Requiere elaboración

otros requisitos suscritos por la organización relacionados con sus usos y consumos de energía?				
¿Esta política proporciona el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos y metas energéticas?	1			Requiere elaboración
¿Esta política apoya la adquisición de productos y servicios energéticos eficientes y el diseño para la mejora del desempeño energético?	1			Requiere elaboración
¿Existe una práctica o procedimiento para comunicar ésta a todas las personas que trabajan para la organización o en nombre de ella?	1			Requiere elaboración
¿La política energética es revisada periódicamente? ¿Se actualiza cuando es necesario?	1			Requiere elaboración
4.4. PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA	2.06			

Generalidades				
¿Se establece y documenta un proceso de planificación energética?	3			Existen documentos
¿La planificación es coherente con la política energética y conduce a las actividades de mejora continua del desempeño energético?	1			No existe política energética
¿Esta planificación energética incluye una revisión de las actividades de la organización que pueden afectar el desempeño energético?	3			
Requisitos legales y otros requisitos				
¿Se identifica, implementa y se tiene acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con sus usos, consumos de energía y su eficiencia energética?	3			Existen los documentos de otros sistemas de gestión que pueden dar apoyo
¿Se determina como se aplican estos requisitos a sus usos, consumos de energía y eficiencia energética?	3			
¿Se tiene en cuenta estos	1			

en el establecimiento, implementación y mantenimiento de su SGEEn?				
¿Los requisitos legales y otros requisitos son revisados periódicamente?	3			
Revisión energética				
¿Se realiza, registra y mantiene una revisión (caracterización) energética?	3			
¿Se establece y documenta la metodología y los criterios utilizados para realizar la revisión (caracterización) energética?	3			
¿Se registra y analiza el uso y consumo de energía basado en la medición y otros datos?	3			
¿Se identifican las fuentes actuales de energía?	3			Se identifican
¿Se evalúa el uso y consumo de energía pasado y presente?	3			Faltan datos
¿Se identifican las áreas y consumo significativo de energía?	3			Están definidas
¿Se identifican las instalaciones, equipos, sistemas, procesos y	2			

personal que trabaja para o en nombre de la organización que afectan de manera significativa el uso y consumo de energía?				
¿Se identifican otras variables pertinentes que afectan los usos significativos de energía?	2			Hay algunas identificadas
¿Se determina el desempeño actual con respecto a la energía de las instalaciones, equipos, sistemas y procesos relacionados con los usos significativos de energía identificados?	2			
¿Se estima el uso y consumo futuro de energía?	3			
¿Se identifican, priorizan y registran oportunidades para la mejora del desempeño energético?	2			Hay algunas identificadas
¿Se actualizan a intervalos definidos la información y los análisis de la revisión energética y en respuesta a cambios importantes en las instalaciones, equipos, sistemas o procesos?	2			
Línea de base energética				
¿Se establece una o varias	2			Ya hay

línea(s) de base energética con la información de la revisión energética inicial considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y el consumo de energía de la organización?				identificaciones de una línea base que requiere mejorarse
¿Se miden y registran los cambios en el desempeño energético en relación a la(s) línea(s) base energética?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se realizan ajustes a la(s) línea(s) base energética, cuando los IDEn ya no reflejan el uso y consumo de energía de la organización, cuando hay cambios importantes en el proceso, en los patrones de operación, o en los sistemas de energía, o de acuerdo a un método predeterminado?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se mantienen y registran la(s) línea(s) base energética?	2			Ya hay identificaciones de una línea base que requiere mejorarse
Indicadores de desempeño energético (IDEn)				
¿Se identifican los IDEn	3			Ya hay una definición

apropiados para el seguimiento y la medición del desempeño energético?				utilizable
¿Se establece, registra y revisa con regularidad la metodología para determinar y actualizar los IDEn?	2			
¿Los IDEn se revisan y comparan con la línea base energética de forma apropiada?	2			
Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción.				
¿Se han establecido, implementado y mantenido objetivos y metas de energía documentados en los niveles, funciones pertinentes, procesos o instalaciones de la organización?	2			
¿Se establecen plazos para el logro de los objetivos y metas?	1			
¿Los objetivos y metas son coherentes con la política energética?	1			No hay trabajo aun realizado en esta dirección
¿Las metas son coherentes con los objetivos?	2			
¿Se tienen en cuenta los	2			

requisitos legales y otros requisitos, los usos significativos de energía y las oportunidades de mejora del desempeño energético para el establecimiento y revisión de los objetivos y metas?				
¿Se considera el estado financiero, operativo, condiciones comerciales, las opciones tecnológicas y las opiniones de las partes interesadas para el establecimiento de objetivos y metas energéticas?	2			Según la alta dirección por eso estamos optando
¿Se establecen, implementan y mantienen planes de acción para el logro de los objetivos y metas? ¿Estos planes de acción incluyen: <ul style="list-style-type: none"> • La designación de la responsabilidad • Los medios y plazos previstos para lograr las metas individuales • Una declaración del método por el cual debe verificarse la 	2			

<p>mejora del desempeño energético</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una declaración del método para verificar los resultados? 				
¿Los planes de acción son documentados y actualizados periódicamente?	3			
4.5. IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN	1.62			
General				
¿Se utilizan los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y las operaciones?	2			
Competencia, formación y toma de conciencia				
¿Se han identificado que personas (las cuales realicen tareas para la organización o en su nombre) están relacionadas con los usos significativos de la energía?	2			Existe definición de las personas
¿Es este personal competente, tomando como base su educación, formación o experiencias	2			Tienen formación básica

adecuadas? ¿Se mantienen los registros asociados?				
¿Se han identificado las necesidades de formación relacionadas con el control de los usos significativos de energía y con la operación del SGEEn?	1			No hay trabajo realizado en esta dirección
¿Se ha impartido la formación o se ha emprendido las acciones necesarias para satisfacer las necesidades identificadas? ¿Se mantienen los registros asociados?	1			No hay trabajo realizado en esta dirección
¿La organización se ha asegurado de que las personas que trabajan para o en su nombre son conscientes de: <ul style="list-style-type: none"> • La importancia de la conformidad con la política energética, los procedimientos y los requisitos del SGEEn. • Sus funciones, responsabilidades y autoridades para cumplir con los requisitos del SGEEn 	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección

<ul style="list-style-type: none"> • Los beneficios de la mejora del desempeño energético • El impacto real o potencial, con respecto al uso y consumo de la energía de sus actividades • Cómo sus actividades y comportamiento contribuyen a alcanzar los objetivos y metas energéticas. • ¿Las consecuencias potenciales de desviarse de los procedimientos especificados? 				
Comunicación				
¿La organización establece un mecanismo de comunicación interna con relación a su desempeño energético y el SGE?	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
¿Se establece e implementa un proceso por el cual toda persona que trabaje para, o en nombre de la organización puede	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección

hacer comentarios o sugerencias para la mejora del SGEEn?				
¿La organización ha documentado su decisión de comunicar o no externamente la información acerca de la política, desempeño energético y del SGEEn?	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Si la decisión ha sido comunicarla, ¿Se han definido o implementado métodos para su realización?	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
Documentación				
¿Se establece, implementa y mantiene la información en papel, en formato electrónico o en cualquier otro medio, para describir los elementos fundamentales del SGEEn y su interacción?	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
La documentación del SGEEn incluye: <ul style="list-style-type: none"> • El alcance y los límites del SGEEn • La política energética • Los objetivos energéticos, metas energéticas y planes 	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección

<p>de acción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los documentos, incluyendo los registros requeridos por la norma internacional • ¿Otros documentos determinados por la organización como necesarios? 				
Control de documentos				
¿Existen procedimientos para controlar los documentos del SGEEn?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
<p>Los documentos son/están:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprobados con relación a su adecuación antes de su emisión • Revisados y actualizados cuando es necesario • Identificados los cambios y el estado de revisión actual de los documentos • Disponibles en las versiones pertinentes en los puntos de uso. • Legibles y fácilmente identificables • Identificados cuando 	2			

son de origen externo y cuando son necesarios para la planificación y operación del SGE n y se controla su distribución				
¿Se encuentran identificados los documentos obsoletos?	3			
Control operacional				
¿La organización ha identificado y planificado aquellas operaciones y actividades de mantenimiento que están relacionadas con sus usos significativos de la energía y que son conscientes con su política energética, objetivos, metas y planes de acción?	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
¿La organización ha establecido y fijado criterios para la eficaz operación y mantenimiento de los usos significativos de la energía, donde su ausencia podría llevar a desviaciones significativas de la eficiencia energética?	1			No hay trabajo realizado aún en esta dirección
¿La operación y mantenimiento de	3			

instalaciones, procesos, sistemas y equipos se realiza de acuerdo a los criterios operacionales?				
¿Se ha comunicado adecuadamente los controles operacionales al personal que trabaja para, o en nombre de la organización?	3			
Diseño				
¿La organización ha considerado las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, sistemas y procesos?	2			
¿Se incorporan los resultados de la evaluación del desempeño energético en el diseño, especificaciones y actividades de adquisición de proyecto(s) relevante(s)?	2			
¿Se mantiene el registro de actividades de diseño o modificaciones de equipos, sistemas y procesos?	1			No hay trabajo realizado aun en esta dirección
Compra de servicios de				

energía, productos, equipos y energía.				
¿Al adquirir servicios de energía, productos y equipos que tengan, o puedan tener, un impacto en usos significativos de la energía se informa a los proveedores que las compras serán evaluadas sobre la base del desempeño energético?	1			No hay trabajo realizado aun en esta dirección
¿Se establecen e implementan criterios para evaluar el uso, consumo y eficiencia de la energía durante la vida útil, al comprar productos, equipos y servicios que usen energía, que se espera que tengan un impacto significativo en el desempeño energético de la organización?	1			No hay trabajo realizado aun en esta dirección
¿Se ha definido y documentado las especificaciones de compra de energía?	1			No hay trabajo aún realizado en esta dirección
4.6. VERIFICACIÓN	1.9			
Seguimiento, medición y análisis				
¿Se monitorea, miden, analizan y registran los	3			Existen acciones en esta dirección de

resultados de la revisión de energía?				trabajo
¿Se monitorea, miden, analizan y registran los usos significativos de energía y otros elementos resultantes de la revisión energética?	3			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se monitorea, miden, analizan y registran las variables relevantes relacionadas al uso significativo de la energía?	3			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se monitorea, miden, analizan y registran los IDEn?	3			Los IDEn requieren mejoramiento
¿Se monitorea, mide, analiza y registra la eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y metas?	3			
¿Se monitorea, miden, analizan y registran la evaluación del consumo energético real versus el esperado?	3			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿La organización ha definido e implementado el plan de medición energético apropiado a su tamaño y complejidad?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se define y revisa periódicamente las	2			Existen acciones en esta dirección de

necesidades de medición?				trabajo
¿Los equipos de seguimiento y medición proporcionan la información exacta y repetible? ¿Existen registros de las calibraciones y de otras formas de establecer la exactitud y respetabilidad?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se ha investigado sobre las desviaciones significativas en el desempeño energético? ¿Se ha dado respuesta a estas desviaciones?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
Evaluación de requisitos legales y otros requisitos				
¿Se evalúa periódicamente el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos relacionados con su uso y consumo de energía?	3			Existen acciones en esta dirección de trabajo
Auditoría Interna del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).				
¿Se realizan auditorías internas a intervalos planificados para asegurar que el SGEn: <ul style="list-style-type: none"> Cumple con los planes de gestión de energía, incluidos 	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo

<p>los requisitos de la Norma ISO 50001.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumple con los objetivos y metas energéticas establecidas • Sea efectivamente implementado, mantenido y mejore el desempeño energético? 				
<p>¿Se establece un calendario y un plan de auditorías teniendo en cuenta el estado y la importancia de los procesos y áreas a auditar, así como los resultados de las auditorías previas?</p>	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo
<p>¿La selección de auditores y la realización de las auditorías aseguran la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría?</p>	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo
<p>¿Se mantienen registros de los resultados de la auditoría y se le informa de estos a la alta dirección?</p>	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo
<p>No Conformidad, Corrección, Correctiva y Preventiva. Acción y Acción</p>				
<p>¿Se identifican y revisan</p>	2			Existen acciones en

las no conformidades reales y potenciales?				esta dirección de trabajo
¿Se determinan las causas de las no conformidades reales y potenciales?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se establecen medidas para asegurar que las no conformidades no vuelvan a ocurrir o se repitan?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se determinan e implementan las acciones apropiadas?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se mantienen registros de acciones correctivas y preventivas?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Las acciones correctivas y preventivas son apropiadas a la magnitud de los problemas reales o potenciales y a las consecuencias del desempeño energético?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿Se aseguran que cualquier cambio necesario sea incorporado al SGEN?	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo
Control de Registros				
¿Los registros son suficientes para demostrar la conformidad con los requisitos de su SGEN de la norma internacional y los resultados del desempeño energético alcanzado?	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo

¿La organización ha definido e implementado controles para la identificación, recuperación y retención de los registros?	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo
¿Los registros son legibles, identificables y trazables a las actividades relevantes?	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo
Revisión de la dirección				
¿La alta dirección revisa a intervalos definidos el SGE n para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continua?	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo
¿Se mantienen registros de las revisiones por la dirección?	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo
¿En las revisiones por la dirección se han considerado como entradas: <ul style="list-style-type: none"> • Las acciones de seguimiento de revisiones por la dirección previas; • La revisión de la política energética; • La revisión del desempeño energético y de los IDE n relacionados; 	2			Existen acciones en esta dirección de trabajo

<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados de la evaluación de cumplimiento de los requisitos legales y cambios en los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscribe; • El grado de cumplimiento de los objetivos y metas energéticas; • Los resultados de auditorías del SGE; • El estado de las acciones correctivas y preventivas • El desempeño energético proyectado para el próximo período • Las recomendaciones para la mejora? 				
Resultados de la revisión				
<p>¿Los resultados de las revisiones incluyen decisiones y acciones tomadas relacionadas con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los cambios en el desempeño energético de la 	1			No hay trabajo aún en esta dirección de trabajo

<p>organización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los cambios en la política energética • Los cambios en los IDEn • Los cambios en los objetivos, metas u otros elementos del SGEEn consistentes con el compromiso de la organización, con la mejora continua y la asignación de recursos. 				
<p>CALIFICACIÓN PROMEDIO TOTAL DE LA EMPRESA</p>	$CPT = \frac{\sum_{4.1}^{4.6} Ev}{6}$	1.49	% de avance	24.3%

1. $(Ev. = \frac{\sum_{1}^n V}{n})$ La evaluación del Requisito está dada por la Σ de las calificaciones de las variables dividida entre el número de variables del Requisito (Es el valor medio de las calificaciones obtenidas para los requisitos)
2. $CPT = \frac{\sum_{4.1}^{4.6} Ev}{6}$ La Calificación Promedio Total (CPT) de la empresa es el valor medio de la calificación de los requisitos
3. $\% avances = \frac{\sum N^{\circ} Req.con\ 3}{N^{\circ} Req.total} * 100$ El % de avance es el N° de Requisito evaluado de 3 entre el número de Requisitos totales.
4. La representación gráfica del cumplimiento de los requisitos puede mostrarse como la representación dada en la siguiente figura para evaluaciones supuesta de cada requisito.

Anexo 3: Matriz energética.

<i>Matriz de gestión Energética Papelera Damujf</i>						
	<i>Política energética</i>	<i>Organización</i>	<i>Información y Comunicación</i>	<i>Monitoreo y Control</i>	<i>Divulgación y capacitación</i>	<i>Inversiones</i>
4	Se cuenta con una política y un sistema de gestión energética aprobados por el consejo de dirección (CD) que revisa sistemáticamente los resultados.	El sistema de gestión energética está totalmente integrado a la estructura de gestión empresarial, existe una clara delegación de responsabilidades en el control del uso de la energía.	Existen canales formales e informales de comunicación utilizados regularmente por el gerente de energía y los equipos de trabajos a todos los niveles.	Se cuenta con sistema integrado que establece metas, monitorea índices energéticos efectivos en equipos claves e identifica las desviaciones, cuantifica los costos energéticos y los ahorros.	Divulgación efectiva del valor de la energía y del comportamiento y resultados de la gestión energética dentro y fuera de la organización.	Estrategia en favor de las inversiones para ahorro de energía, con evaluación detallada para argumentarlas.
3	Se cuenta con una política energética aprobada por el CD. No está implementado un sistema de gestión energética. El CD revisa sistemáticamente el tema energético.	Se tiene un responsable de energía y un comité de energía presidido por un miembro de la alta dirección.	El comité de energía se utiliza como canal principal, conjuntamente con el contacto directo con los responsables de los Puestos claves (PC).	Monitoreo y establecimiento de metas en equipos claves, pero no se cuantifican y reportan los ahorros de manera efectiva.	Programas de entrenamiento del personal encargado de los PC.	Se utilizan los mismos criterios de rentabilidad que para todas las otras inversiones.
2	La política energética no está aprobada por el CD y ha sido establecida por el energético o sus superiores. El CD revisa esporádicamente el tema energético.	Se tiene un responsable de energía pero no tiene jerarquía administrativa.	Se realizan contactos no vinculantes con los responsables de los PC a través del encargado de energía.	Monitoreo y establecimiento de metas basadas en las mediciones generales en la facturación.	Acciones aisladas de divulgación y capacitación.	Se utiliza mayormente el criterio de la recuperación de la inversión a corto plazo.
1	Se cuenta con indicaciones generales sobre el uso de la energía y se evalúan indicadores generales de consumo energético vs producción.	No se cuenta con un responsable de energía con dedicación exclusiva al tema.	Se realizan contactos informales entre responsable de energía y algunos PC.	Reporte de costos energéticos basado en la facturación.	Contactos informales para promover la eficiencia energética.	Solo se implementan medidas de bajo costo
0	No existe una política energética ni se evalúan indicadores de consumo energético vs producción.	No se cuenta con un responsable de energía.	No se realizan contactos con los PC.	No hay sistema alguno de monitoreo y control.	No se realiza ninguna promoción de la eficiencia energética.	No se tiene como premisa la inversión para incrementar la eficiencia energética.

Forma de la matriz	Resultado
 <p data-bbox="371 277 547 309">3 o más en todo</p>	Buen nivel de gestión energética.
 <p data-bbox="371 400 703 432">Puntuación media menor de 3</p>	Bajo nivel de gestión energética.
 <p data-bbox="371 524 539 555">Forma convexa</p>	Compromiso de la alta dirección pero deficiente implementación de la política energética y su sistema de gestión.
 <p data-bbox="371 624 539 656">Forma cóncava</p>	Bajo compromiso de la dirección y acciones para la gestión energética a nivel operativo.
 <p data-bbox="371 748 722 779">1 columna más baja que el resto</p>	No integralidad de la gestión energética.
 <p data-bbox="371 848 715 880">1 columna más alta que el resto</p>	No integralidad de la gestión energética.
 <p data-bbox="371 972 834 1003">2 o más columnas por encima o por debajo de la media</p>	No integralidad de la gestión energética.

Las acciones de gestión energética desarrollada por la empresa se encuentran en una categoría inferior al 3, con dos columnas en la matriz más abajo que el resto por lo que el resultado demuestra No integralidad en la gestión energética.

Anexo 4: Encuesta a los técnicos para el proceso de implantación de sistemas de gestión energética según la norma NC ISO 50001: 2011.

1. Datos generales de la organización.

2. Nombre de la Empresa: UEB Papelera Damují.

3. No.	Descripción	si	%	no	%	No conozco	%
2.1	¿Se tiene información sobre la norma NC ISO 50001: 2011?	1	10	5	50	4	40
2.2	¿Se han realizado acciones para la implementación de la norma NC ISO 50001: 2011?	0	0	6	60	4	40
2.3	¿Se cuenta con sistema de gestión energética (SGEn) documentado?	0	0	8	80	2	20
2.4	¿Existen experiencias en la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía?	0	0	6	60	4	40
2.5	¿Se han obtenido resultados favorables en las	0	0	5	50	5	50

	supervisiones energéticas realizadas por la UNE?						
2.6	¿Se han obtenido resultados favorables en las supervisiones energéticas realizadas por CUPET?	2	20	7	70	1	10
2.7	¿Se tiene implementado y certificado el sistema de gestión de calidad por la norma NC ISO 9001?	0	0	7	70	3	30
2.8	¿Se tiene implementado y certificado el sistema de gestión ambiental por la norma NC ISO 14001?	0	0	4	40	6	60
2.9	¿Existe un sistema integrado de gestión o se trabaja con vistas a	3	30	5	50	2	20

	implementarlo?						
2.10	¿Existe una política energética?	0	0	8	80	2	20
2.11	¿Está la política energética documentada?	0	0	8	80	2	20
2.12	¿La política energética es de conocimiento del personal a todos los niveles de la organización?	0	0	8	80	2	20
2.13	¿Se cuenta con un representante de la dirección (energético) para la gestión energética con funciones, responsabilidades y autoridad definidas?	0	0	10	100	0	0
2.14	¿Este representante de la dirección tiene dedicación total para la gestión energética?	0	0	10	100	0	0
2.15	¿El representante de la dirección	0	0	10	100	0	0

	posee formación de nivel superior en ramas técnicas?						
2.16	¿El representante de la dirección ha recibido capacitación especializada sobre gestión energética?	0	0	10	100	0	0
2.17	¿El representante de la dirección dispone de los medios de cómputo y otros recursos requeridos para la gestión energética?	10	100	0	0	0	0
2.18	¿Se cuenta con un equipo de gestión de la energía? (comité de energía, comisión de ahorro de energía, consejo energético, etc.)	1	10	7	70	2	20
2.19	¿Los miembros del equipo han recibido capacitación especializada sobre gestión energética?	3	30	4	40	3	30

2.20	¿El equipo de gestión de la energía funciona sistemáticamente?	0	0	3	30	7	70
2.21	¿Se cuenta con registros históricos de los consumos energéticos?	7	70	0	0	3	30
2.22	¿Se conoce y maneja la estructura de consumo de portadores energéticos?	6	60	2	20	2	20
2.23	¿Están identificados las instalaciones, sistemas y equipos que representan los mayores consumos de energía?	0	0	5	50	5	50
2.24	¿Se cuenta con equipos de medición de los consumos de energía en las instalaciones, sistemas y equipos que representan los mayores consumos de energía?	1	10	4	40	5	50

2.25	¿Se cuenta con un sistema de indicadores para monitorear y controlar el desempeño energético?	1	10	3	30	6	60
2.26	¿El sistema de monitoreo y control energético incluye indicadores hasta el nivel de los sistemas y equipos mayores consumidores?	0	0	4	40	6	60
2.27	¿La instrumentación existente en los sistemas y equipos mayores consumidores permite controlar los factores operacionales que determinan su desempeño energético?	0	0	5	50	5	50
2.28	¿Está identificado el personal clave que decide en la	1	10	4	40	5	50

	eficiencia de los mayores consumos de energía?						
2.29	¿Ha recibido el personal clave capacitación especializada sobre eficiencia energética?	1	10	3	30	6	60
2.30	¿Existe algún sistema de estimulación para el personal clave en función del desempeño energético?	0	0	7	70	3	30
2.31	¿Se ha realizado la caracterización energética y analizada la evolución y tendencias en el consumo y la eficiencia energética en los últimos años?	0	0	8	80	2	20
2.32	¿Han mejorado los índices de consumo y eficiencia energética en los	0	0	7	70	3	30

	últimos años?						
2.33	¿Se han realizado diagnósticos o auditorías energéticas en los últimos años?	3	30	2	20	5	50
2.34	¿Se realizan análisis comparativos (benchmarking) de los índices de consumo y eficiencia energética con otras organizaciones similares?	0	0	6	60	4	40
2.35	¿Se han definido objetivos para la mejora del desempeño energético?	2	20	4	40	4	40
2.36	¿Existen metas para la mejora del desempeño energético referidas a un período base?	2	20	5	50	3	30
2.37	¿Los objetivos y metas son	4	40	6	60	0	0

	conocidos por el personal clave que incide en su cumplimiento?						
2.38	¿Existe un plan de acción con medidas y proyectos para la mejora del desempeño energético?	5	50	1	10	4	40
2.39	¿Los proyectos de mejora del desempeño energético cuentan con evaluaciones económicas y estudios de factibilidad debidamente fundamentados?	5	50	0	0	5	50
2.40	¿La alta dirección controla periódicamente el cumplimiento de los objetivos, metas y planes de acción?	6	60	2	20	2	20
2.41	¿El mantenimiento tiene incorporados criterios y acciones en función de la	1	10	4	40	5	50

	eficiencia energética?						
2.42	¿Se consideran las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en los nuevos diseños y proyectos?	5	50	0	0	5	50
2.43	¿Están establecidos los criterios y procedimientos para considerar la eficiencia energética al adquirir productos, equipos y servicios?	3	30	0	0	7	70
2.44	¿Se ha ejecutado o se planea ejecutar algún proyecto para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía?	7	70	0	0	3	30
2.45	¿Existe algún mecanismo que posibilite y estimule	0	0	8	80	2	20

	que las personas que trabajan para la organización realicen propuestas y sugerencias para la mejora de la eficiencia energética?						
2.46	¿La alta dirección realiza acciones, a intervalos planificados, para asegurar la conveniencia, adecuación, eficacia y mejora continua del SGEEn?	2	20	4	40	4	40

Anexo 5: Consumo por áreas y por equipos.

Area de servicio	Equipos instalados	Potencia (kW)	Horas por día (h/d)	Energía (kWh/día)	%	% Acumulado
Planta de papel	Refinador ST600+B2:B21	250	24	6000	13,51	13,51
	Motor de Transmisión de la Máquina	232,28	24	5574,72	12,55	26,07
	Bombas de Vacío Num.4	166	24	3984	8,97	35,04
	Bomba de Vacío Num. 1 5m36	160	24	3840	8,65	43,69
	Bomba de vacío Num.5	160	24	3840	8,65	52,33
	Compresor	135,87	24	3260,88	7,34	59,68
	Bomba Pozos	116,46	24	2795,04	6,29	65,97

Bomba del Tanque AITP	75	24	1800	4,05	70,02
Bomba Alta Presión 6m51	55	24	1320	2,97	73,00
Bomba H 15	51,61	24	1238,64	2,79	75,79
Bomba de Alta Presión	49,17	24	1180,08	2,66	78,44
Depurador Belloit 6m52	34,29	24	822,96	1,85	80,30
Bobinadora	30	24	720	1,62	81,92
Bomba Fozo Couch 3m20	28,47	24	683,28	1,54	83,46
Bomba Mex. Pozo de Recorte 2m05	26,55	24	637,2	1,43	84,89
Bomba Agua de Recuperación 3m21	23,94	24	574,56	1,29	86,19
Bomba TUR Cuba de Hidratación RES	22,65	24	543,6	1,22	87,41
Bomba Mezcladora 3m23	22	24	528	1,19	88,60
Extractor de Calor 6m44	21,35	24	512,4	1,15	89,75
Extractor de Calor 6m45	21,35	24	512,4	1,15	90,91
Bomba del Recuperador de Fibra	19,41	24	465,84	1,05	91,96
Bomba Pulpa Cuba Máquina 3m22	17,47	24	419,28	0,94	92,90
Agitadores Cuba Máquina RES6	14,23	24	341,52	0,77	93,67
Bomba Mex.Recorte Ecopulper 2m10	7,48	24	179,52	0,40	94,07
Agitadores Cuba Máquina RES5	7,12	24	170,88	0,38	94,46
Talleres Hc 8	6,79	24	162,96	0,37	94,83
Agitador Cubita	5,98	24	143,52	0,32	95,15
Grúa Viajera	5	24	120	0,27	95,42
Agitador Almidón	5	24	120	0,27	95,69
Bomba Clavulante	4,56	24	109,44	0,25	95,94
Grúa de Recorte	4,53	24	108,72	0,24	96,18
Bomba Num.1	4,53	24	108,72	0,24	96,43
Banda de goma Ecopulper	4,49	24	107,76	0,24	96,67
Bomba Alivio Cajas 3m24	3,88	24	93,12	0,21	96,88
Bomba Alivio Cajas 3m58	3,88	24	93,12	0,21	97,09
Bomba Num. 2	3,88	24	93,12	0,21	97,30
Agitador Pozo de Recorte 2m04	3,37	24	80,88	0,18	97,48
Bomba Automática del Sotano 3m57	3,24	24	77,76	0,18	97,65

Bomba de Condensado 4m21	3	24	72	0,16	97,82	
Cuchilla	3	24	72	0,16	97,98	
Bomba de Lubricación	3	24	72	0,16	98,14	
Bomba de Sosa	3	24	72	0,16	98,30	
Bomba Recorte Ecopulper 2m09	2,62	24	62,88	0,14	98,45	
Ventilador Principal	2,59	24	62,16	0,14	98,59	
Bomba de Almidón	2	24	48	0,11	98,69	
Bomba Clavulante	2	24	48	0,11	98,80	
Cierra de los cores	2	24	48	0,11	98,91	
Recuperador de Fibras 2m11	1,94	24	46,56	0,10	99,01	
Bomba del Tanque	1,94	24	46,56	0,10	99,12	
Grúa Remmadora	1,94	24	46,56	0,10	99,22	
Máquina de Soldar	1,87	24	44,88	0,10	99,32	
Agitador Pozo de Recorte 3m16	1,5	24	36	0,08	99,41	
Ducha	1,5	24	36	0,08	99,49	
Bomba Tanque de Almidón	1,5	24	36	0,08	99,57	
Agitador de Almidón	1,5	24	36	0,08	99,65	
Vibrador de Malla RS3	1,29	24	30,96	0,07	99,72	
Bomba Alumbre 3m25	1,29	24	30,96	0,07	99,79	
Agitador Coagulante	1	24	24	0,05	99,84	
Rolos Distribuidor Caja Cabecera 4m27	0,97	24	23,28	0,05	99,90	
Rolos Distribuidor Caja Cabecera 4m28	0,97	24	23,28	0,05	99,95	
Rolos Distribuidor Caja Cabecera 4m29	0,97	24	23,28	0,05	100,00	
POTENCIA TOTAL PLANTA DE PAPEL	1850,22	24	44405,28	#####		
Planta de fuerza	Bomba del Tanque Desareador	22	24	528	28,52	28,52
	Bomba Agua Alimentar Caldera	15	24	360	19,45	47,97
	Ventilador Primario de la Caldera	12,94	24	310,56	16,78	64,75
	Bomba del Tanque de Agua Tratada	7,12	24	170,88	9,23	73,98

	Ventilador Secundario de la Caldera	5,18	24	124,32	6,72	80,69
	Resistencia del Tanque Nodriz	4,21	24	101,04	5,46	86,15
	Resistencia del Precalentador del Horno	4,21	24	101,04	5,46	91,61
	Bomba Asist. Petróleo	4	24	96	5,19	96,80
	Bomba del Tanque Nodriz	1,5	24	36	1,94	98,74
	Resistencia de Precalentamiento	0,97	24	23,28	1,26	100,00
	POTENCIA TOTAL PLANTA DE FUERZA	77,13		1851,12	100	
Area administrativa	Implementación y oficinas	0,84	8	6,72	100,00	
	POTENCIA TOTAL AREA ADMINIST.	0,84		16,8	100	

Anexo 6: Análisis de la factura eléctrica.

Análisis factura 2018											
Mes	Cons. Mad	C. día	C. Pico	C. Total	% Pico	F. Pot	PPF (\$)	D. Cont	D.Real	% D. Cont	
Enero	9552	14424	4326	28302	15,3	0,18	23160,72	250	201	80,40	
Febrero	105600	139650	56325	301575	18,7	0,83	4919,38	1950	1663	85,28	
Marzo	180291	279558	107988	567837	19,0	0,82	9905,53	1950	1685	86,41	
Abril	153615	221793	92979	468387	19,9	0,77	14144,34	1950	1674	85,85	
Mayo	163513	208571	83571	455655	18,3	0,75	17778,43	1950	1585	81,28	
Junio	203546	281602	97863	583011	16,8	0,8	13830,57	1950	1656	84,92	
Julio	149765	235479	70774	456018	15,5	0,74	20013,03	1950	1646	84,41	
Agosto	118816	176999	58186	354001	16,4	0,68	23960,12	1950	1588	81,44	
Septiembre	160623	222160	32806	415589	7,9	0,71	21274,94	1950	1694	86,87	
Octubre	96932	209880	18610	325422	5,7	0,67	22487,21	1950	1458	74,77	
Noviembre	7747	13542	3799	25088	15,1	0,14	30450,49	200	103	51,50	
Diciembre	112588	155370	62238	330196	18,8	0,73	15872,15	1950	2578	132,21	
Totales	1462588	2159028	689465	4311081	16,0	0,65	217796,9			84,61	P. Penal. 18149,75

Anexo 7: Consumo vs Producción. 2017-2018.

<i>Consumo de Energía Vs Producción. Año 2017</i>				<i>Consumo de Energía Vs Producción. Año 2018</i>			
<i>Mes</i>	<i>Producción (t/mes)</i>	<i>Consumo (MWh/mes)</i>	<i>Consumo comb. (t/mes)</i>	<i>Mes</i>	<i>Producción (t/mes)</i>	<i>Consumo (MWh/mes)</i>	<i>Consumo comb. (t/mes)</i>
Ene	703,45	559,15	193,86	Ene	48,32	28,302	10,54
Feb	783,48	606,832	231,00	Feb	319,23	301,575	103,99
Mar	47,24	271,52	10,21	Mar	601,82	567,837	177,86
Abr	45,11	286,79	9,85	Abr	385,36	468,387	155,06
May	110,35	852,83	22,56	May	590,02	455,655	115,39
Jun	47,85	278,57	10,88	Jun	786,63	583,011	248,13
Jul	610,80	535,413	187,81	Jul	390,12	456,018	127,09
Ago	895,51	650,933	242,80	Ago	493,46	354,001	147,56
Sep	293,92	239,075	84,37	Sep	600,86	415,589	172,11
Oct	630,87	496,28	176,27	Oct	419,82	325,422	132,29
Nov	642,66	416,092	174,98	Nov	45,15	25,088	8,01
Dic	651,95	504,998	204,23	Dic	395,12	330,196	125,16
Total	5463,172	5698,483	1548,82	Total	5075,89	4311,08	1523,20
Promedio	455,26	474,87	129,07	Promedio	422,99	0,00	126,93