



REPÚBLICA DE CUBA

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

UNIVERSIDAD DE MOA

Dr. Antonio Núñez Jiménez

FACULTAD METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Diploma

En opción al Título de

Ingeniero Eléctrico

**Título: Diagnostico energético en el Central
Azucarero Fernando de Dios.**

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso

Tutor: DrC. Gabriel Hernández Ramírez

Moa

Año 61 de la Revolución

Declaración del Autor:

*Yo Oscar Alexander Luciano Alonso autor de este Trabajo de Diploma
tutoreado por el DrC.Gabriel Hernández Ramírez, certifico esta
propiedad intelectual a favor de la Universidad de Moa para que pueda
ser utilizado en labores Docentes o estudios posteriores.*

Diplomante.

Oscar Alexander Luciano Alonso

Tutor.

DrC.Gabriel Hernández Ramírez.

Pensamiento:



"Mientras no seamos un pueblo realmente ahorrativo, que sepamos emplear con sabiduría y con responsabilidad cada recurso, no nos podemos llamar un pueblo eternamente revolucionario".

Fidel Castro Ruz

Dedicatorias:

Una de las partes más hermosas del trabajo es la dedicatoria donde el autor expresa su agradecimiento hacia las personas que lo han acompañado en este viaje de 18 años bajo la tutela de las letras y los números. Primeramente quisiera dedicar todo este fruto de mi esfuerzo a través de los años a mi madre Maritza Luciano Alonso que siempre va a estar conmigo y a mis padres en los cuales he encontrado todo el apoyo que un hijo necesita, a mis tíos Israel, Pepe, Ada, Marisol y Ilsa, también quisiera agradecerles a mi abuelas Ada Nelis Alonso Batista y a mi abuelo Israel Luciano Gámez los cuales han estado al tanto de mis estudios desde mis comienzos y a toda mi familia que tanto quiero y a precio por último a todos mis profesores desde primer grado hasta el último año de Universidad que han logrado hacer de mi un hombre de bien y preparado para cualquier tarea que la vida me imponga.

MUCHAS GRACIAS

Agradecimientos:

Agradecer es todo lo que ser humano complacido por la ayuda que su otro semejante le brinde, ser agradecido es uno de los sentimientos más bellos que hay por lo que quisiera agradecer a:

- *Primeramente a mi madre Maritza Luciano Alonso y a mis padres y mis hermanos Carlos Mastrapa Peña y Yamilka Mastrapa Fernández por su apoyo incondicional.*
- *A mi mejor amigo Juan Consuegra Caballero y a su madre Yusimit Caballero, a Marnio Pacho y a su hermano Antonio Pacho Caballero.*
- *A mi novia Lilianne y a su familia.*
- *A mi tutor Drc. Grabriel Hernández Ramírez.*
- *A mis compañeros de aula*

Resumen:

El presente trabajo tiene como finalidad el diagnóstico energético en la UEB Central Azucarero Fernando de Dios en Tacajó, tomando como punto de partida el análisis de estudios precedentes en empresas similares y en otras entidades. Se analizaron los consumos de portadores energéticos en la empresa y sus costos asociados. Mediante la realización del diagnóstico energético, se establecieron las reservas en el uso de la energía la implementación de medidas organizativas y de inversión que permitirán elevar la eficiencia y la gestión energética hacia el punto más óptimo, las que posteriormente se analizarán técnica y económicamente. Se definieron los principales puestos claves de consumo de energía. Se profundizó en el estudio del portador electricidad a partir del procesamiento de mediciones realizadas en las barras de los Centros de Carga y con las mediciones recogidas en los archivos de la Empresa Eléctrica en el año 2019, expresando los resultados mediante la utilización de herramientas estadísticas básicas. También se propuso la adquisición de mecanismos para el mejoramiento de la energía en el Complejo Agroindustrial y evitar las diferentes penalizaciones aplicadas a este tipo de empresa.

Summary:

The present work has like purpose the I diagnose energetic in the UEB Central Azucarero Fernando de Dios in Tacajó, taking like starting point from the analysis preceding studies at similar companies and at another entities. They examined energetic bearers' consumptions at the company and his correlated costs. By means of the realization of the energetic diagnosis, the reserves in the use of energy established the implementation of organizational and investment measures that they will enable themselves raising the efficiency and the energetic step toward the most optimal point, the ones that at a later time will examine technique themselves and economically. Keys of consumption of energy defined the principal jobs themselves. Electricity as from the processing of realized measurements in the bars of the charging Centers and with the gathered measurements in the files of the Electric Company in the year went into the bearer's study 2019, expressing the intervening results the utilization of statistical basic tools. Also the acquisition of mechanisms was intended to the improvement of the energy in the Agroindustrial Complex and avoiding the different applied penalizations this company's type.

Índice:

Resumen:	V
Summary:	VI
Introducción General:.....	1
Capítulo 1 Marco teórico metodológico.....	4
1.1-Introducción.	4
1.2-Actualidad.	4
1.3-Estado del arte.....	5
1.4-Nociones generales de la gestión energética.	8
1.5-Herramientas que se utilizan para establecer un Sistema de Gestión Energética.	11
1.6-Characterización de los problemas encontrados.	15
1.7-Conclusiones.	22
Capítulo 2 Materiales y métodos	23
2.1-Introducción.	23
2.2-Descripción de la UEB Fernando de Dios.....	23
2.3-Flujograma de los portadores energéticos.	24
2.4-Comportamiento del consumo de los portadores energéticos en la UEB.	26
2.5-Sistema de Suministro Eléctrico.....	32
2.6-Conclusiones del Capítulo # 2.	39
Capítulo 3 Propuesta de solución y discusión de los resultados obtenidos	40
3.1-Introducción.	40
3.2-Análisis de las mediciones eléctricas realizadas.....	40
3.3-Evaluación del sistema de iluminación.....	45
3.4-Estado técnico de los transformadores en la UEB.....	46
3.5-Estado termoenergético.	47
3.6-Ineficiencias de la Gestión Energética en la Instalación.	50

3.7-Valoración económica.....	64
3.8-Conclusiones del Capítulo #3	66
<i>Conclusiones Generales:</i>	67
<i>Bibliografía:</i>	69

Introducción General:

A raíz de la crisis energética de los años 70 del siglo XX, del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y del progresivo cambio climático, la eficiencia energética se convirtió en una meta que, hasta hoy, motiva a los gobiernos a trazar políticas y regulaciones que propendan al mejoramiento de la calidad y la eficiencia del suministro energético (TAMAYO, 2010). En la matriz energética típica de cualquier país, la energía eléctrica prevalece sobre otras formas de consumo de energía, esencial para su desarrollo industrial y el bienestar de la sociedad. La energía eléctrica involucra un amplio campo de aplicación: producción, transmisión, distribución y uso final de la energía; en éste último campo, el motor de inducción desempeña un rol preponderante, es calificado en el contexto mundial, como un elemento fundamental en la cadena productiva y un objetivo clave para el ahorro energético. Las fuentes de energías renovables solo se utilizan en un bajo % del consumo de energía y ha tenido un ritmo de crecimiento moderado sin alcanzar el despegue que ecologistas y especialistas esperan. Ella se ha visto limitada por su alto costo y excepto en algunas aplicaciones, no son competitivos con las tecnologías de producción de energía a partir de fuentes convencionales. La importancia de reducir el consumo de estas fuentes primarias se ha transformado de un problema económico a un problema vital, y de un problema vital del futuro a uno de los mayores accidentes que ya padecemos en el desarrollo de la humanidad. La lluvias ácidas, las catástrofes naturales, las consecuencias del efecto invernadero y de la disminución de la capa de ozono, son secuelas que debemos curar con una nueva vía de producción energética que recorre desde el control de los procesos actuales, el incremento de su eficiencia y nuevos hábitos de consumo, hasta el cambio de estructuras a una utilización descentralizada de las fuentes renovables, inagotables y de bajo impacto ambiental (VALOR, 2001).

Cuba con pobres reservas de combustibles fósiles está obligada a trabajar de forma sistemática en el lado de la demanda para lograr disminuir los consumos totales de energía y en este caso la eficiencia energética tiene un potencial alto de ahorro y es considerado por muchos especialistas como una fuente renovable de energía sin costo ambiental. En Cuba se han trazado estrategias para disminuir los consumos de combustibles fósiles, lo que posibilitó

que a partir de los años 90 del siglo XX, la economía cubana comenzara un proceso de reanimación económica anual consumiendo prácticamente la mitad y menos del combustible que se consumía en los años 80, además se potenció el uso de la biomasa, principalmente la cañera, surgiendo el término bioeléctrica. Cuba presentó una tasa de incremento anual promedio del consumo de energía del 4% en el período comprendido entre los años 1960 y 1980, mientras que solo se multiplicó en poco más de 2,6% veces el Producto Social Global, situación desfavorable en términos de Intensidad Energética que fue ampliamente discutida en el 2^{do} Congreso del Partido, constituyendo los lineamientos económicos y sociales una guía en la lucha por el ahorro de energía y en la búsqueda de nuevas fuentes energéticas (ALEMÁN LÓPEZ, Fórum de Ciencia y Técnica, 2006.). Su importancia estratégica se recoge en el programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía, aprobada por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros en 1993, cuyo objetivo central, es precisamente trabajar por la reducción progresiva de combustible hasta llevarla a niveles más convenientes, técnica y económicamente por medio de un uso más eficiente de los mismos y logrando su máxima sustitución por fuentes nacionales de energía (Minas, 2006). Existe una serie de insuficiencias en los sistemas de gestión energética en el sector azucarero cubano, lo que conlleva a la elevación relativa de los costos energéticos con respecto a sus ingresos. Constituye, por tanto un problema científico el hecho de que la industria azucarera en Cuba no cuenta con un sistema de gestión energética efectiva, entre otras cosas, por no disponer de índices de eficiencia energética adecuada que posibiliten el monitoreo y control energético, implicando a elevados costos energéticos y afectando la competitividad del sector. Especial importancia tuvo la decisión de aplicar el sistema de gestión energética en las Empresas Azucareras. La misma forma parte de una estrategia de ahorro de energía llevado a cabo por el Ministerio del Azúcar y del programa de ahorro energético que rige en el país. Dada la imperiosa necesidad de alcanzar este sustancial ahorro de energía en las diferentes ramas de la industria y en especial la azucarera; es que surge entonces la intención de hacer este estudio para alcanzar una posible mejora económica en este importante sector de la industria y en el país en general (Minas, 2006). Dada la problemática antes planteada, se acuerda por el Ministro del Azúcar y el jefe del Departamento de Industria del Comité Central de PCC, llevar a cabo este estudio en las empresas azucareras de la provincia.

Situación Problemática

El sistema de suministro eléctrico del Central Azucarero Fernando de Dios presenta alto grado de deterioro, esto ha generado pérdidas económicas a la empresa quien, a su vez ha sido penalizada por parte de la empresa eléctrica, por bajo factor de potencia en temporada muerta o tiempo fuera de zafra. No existe un sistema de control y monitoreo para operar de manera eficiente el sistema de suministro eléctrico.

Problema

Insuficiente conocimiento sobre el comportamiento actual de las principales magnitudes del sistema de suministro eléctrico de la UEB Central Azucarero Fernando de Dios.

Hipótesis

Si se realiza un diagnóstico al sistema de suministro eléctrico de la UEB Central Azucarero Fernando de Dios se podrían determinar las causas que afectan la disponibilidad de los elementos.

Campo de acción

Eficiencia energética en el sistema de suministro eléctrico de la UEB Central Azucarero Fernando de Dios.

Objeto de estudio

Sistema de suministro eléctrico de la UEB Central Azucarero Fernando De Dios.

Objetivo general

Proponer un sistema de medidas que incremente la eficiencia energética en el sistema de suministro eléctrico de la UEB Fernando de Dios.

Objetivos específicos

- Identificar las principales insuficiencias del sistema de suministro eléctrico de la empresa en estudio.
- Proponer las medidas, procedimientos y metodologías que contribuyan a la reducción de las afectaciones detectadas por el diagnóstico.
- Valorar económicamente las propuestas.

Capítulo 1 Marco teórico metodológico

1.1-Introducción.

La energía, y el uso en cualquiera de sus formas por el hombre, han delineado el desarrollo de la sociedad humana en cada una de sus etapas evolutivas. La humanidad, a lo largo de los años, ha perfeccionado la utilización de esta, pasando de los métodos más simples de manejo a los más complejos aplicados en la actualidad, con el fin de dar satisfacción a su necesidad.

Ya que toda técnica desarrollada por el hombre implica el uso fundamental de la energía, resulta necesario resaltar la importancia que ella tiene dentro de todo proceso productivo. Por tal razón, es necesaria una correcta utilización de la misma, de manera que se logre un incremento en la eficiencia energética de la empresa, sin afectar la calidad de sus productos.

Se han realizado varios trabajos de diagnósticos energéticos de los sistemas de suministros en diferentes empresas demostrando la insuficiencia de los mismos. A continuación este capítulo tiene como objetivo presentar algunas nociones generales de la gestión energética así como herramientas y funciones de un sistema de gestión, se conocerá al UEB Fernando de Dios a través de una breve descripción, del uso y la eficiencia energética en la instalación.

1.2-Actualidad.

En el período 80- 89 en Cuba existía un adecuado balance oferta - demanda de portadores energéticos, creciendo el consumo de energía debido al desarrollo del país a una tasa promedio anual del 4 %. En el período 90- 93, con el derrumbe del campo socialista, el incremento del bloqueo y la crisis económica que comenzó a sufrir el país, la disponibilidad de generación eléctrica decreció desde el 78 % hasta el 53 % y la de combustibles, en prácticamente 2 años, Se redujo a menos del 50 %. El consumo promedio de energía eléctrica en este período en el país decreció en más de un 6 % anual. Esta situación repercutió en los sistemas de gestión energética establecidos, existiendo un período de inestabilidad, en el que se tuvo que obviar gran parte del sistema de control anterior e implementar nuevos mecanismos, muchas veces con carácter particular y no debidamente fundamentado (VALOR, 2001).

El Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía, aprobado por la Asamblea Nacional del Poder Popular en 1993, considera que entre un 5 y 10 % del ahorro del consumo de portadores del país puede lograrse mediante el incremento de la eficiencia energética, fundamentalmente a través de medidas técnico - organizativas, con inversiones que se recuperarán en menos de 1.5 años. Se estimó que el 85 % de este ahorro podía obtenerse en el sector industrial, residencial y de los servicios(Reyes, 2008).

Las acciones propuestas para el incremento de la eficiencia energética se basan, en lo fundamental, en medidas de carácter técnico - organizativas, mejoras en la instrumentación, el control de la operación, uso de dispositivos de ahorro, mantenimiento energético, mejor utilización de la infraestructura de base y talleres existentes, así como concentrar la producción en las instalaciones más eficientes.

En la actualidad el control de la eficiencia energética empresarial se efectúa fundamentalmente a través de índices de consumo al nivel empresarial, municipal y Provincial. Sin embargo, en muchos casos estos índices no reflejan adecuadamente la eficiencia energética de la empresa, no se han estratificado hasta el nivel de áreas y equipos mayores consumidores, y en ocasiones no se pone en el análisis de dichos índices el énfasis necesario. Existen problemas pues no cuenta con un sistema de gestión energética competitiva, mediante la adopción de medidas aisladas que no garantizan el mejoramiento continuo de la eficiencia económica que debe lograr la empresa.

Los sistemas de planeación y control de la administración de energía que se aplican hoy en la mayor parte de las empresas en Cuba se han retrasado respecto a los métodos de planeación y control económico que el perfeccionamiento de la economía ha exigido.

1.3-Estado del arte.

En este trabajo se presentarán una serie de temas donde se expone la metodología de los elementos principales que componen la tecnología de gestión, para lograr la eficiencia energética a través de una continua aplicación de medidas y proyectos de ahorro de energía. La eficiencia energética y el uso racional de los portadores energéticos presentan en estos

momentos una necesidad de desarrollo sostenible, donde la industria, los servicios y el sector residencial realizan importantes esfuerzos.

La fuente de energía más barata es la eficiencia energética, sabiendo que es generalmente en el equipo, el sistema o la tecnología donde se producen las pérdidas. El problema fundamental para explotarla lo constituye la determinación del lugar donde éstas se producen, su evaluación en cantidad y calidad, la identificación de las causas que la producen, las vías que conducen a su reducción o eliminación, la evaluación del costo-beneficio de cada una de estas vías, el seguimiento de la aplicación de la decisión adoptada y su control así como la valoración técnico-económica final del proceso.

En cada uno de estos elementos, imprescindibles para lograr y hacer permanentes los avances en la eficiencia energética, existen tecnologías bien definidas y que se desarrollan y perfeccionan con el avance científico-técnico. La realización inadecuada o incompleta de alguna parte de este diagnóstico puede llevar a una explotación ineficiente de la fuente y el desaprovechamiento de los potenciales.

La eficiencia energética es una de las alternativas menos costosa y menos contaminante de todas y se convierte en una fuente no agotable y aplicable a todo tipo de empresas.

Se han realizados varios trabajos sobre la temática,(FERNÁNDEZ PUERTA, 2002) se basa en los criterios de otros investigadores, donde explica que actualmente se consume mucha agua en la industria azucarera, lo que constituye un serio problema para algunos países debido a lo limitado de ese recurso. La disponibilidad de agua potable para consumo doméstico se va tornando en un problema muy serio para las generaciones actuales y futuras, y en esta competencia entra a formar parte, también, el agua que se consume en los procesos industriales. La industria azucarera puede alcanzar altos volúmenes de consumo de agua que incluyen hasta casi 141 kg/TC molidas como máximo. En el trabajo los autores analizan las causas fundamentales que inciden en estos niveles de consumos, al igual que se ofrecen algunas sugerencias para el análisis científico de los mismos. La combinación de dichas sugerencias con la atención a las causas que se detallan puede contribuir decisivamente a mejorar el balance de aguas de esa industria.

Según (Reyes, 2008) el comportamiento del consumo de los portadores energéticos fundamentales a nivel de Empresa en la provincia Villa Clara Años 2002-2003 se detectan cuáles son los puestos claves en la industria de forma general e implantaron el procedimiento para el diagnóstico y control de los portadores energéticos.

También presenta los principios fundamentales y los procedimientos para la evaluación, el diagnóstico, la organización, la ejecución y la supervisión de la gestión energética en las empresas, para lograr el objetivo de reducir sus costos energéticos y elevar su competitividad. Se presentan en particular los principios, herramientas y procedimientos para la implantación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en empresas industriales y de servicios.

A raíz de lo antes expuesto en América Latina y el Caribe, la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) considera que mediante el uso eficiente de la energía podría reducirse el consumo de portadores energéticos de la región entre el 10 y 20% en corto y mediano plazo.

En Cuba (Nordelo, 2006) la Comisión Internacional de Energía consideró que por esta vía, con inversiones menores y de rápida recuperación (menores de 1,5 años) se logrará un ahorro anual del 5% del consumo del país. Más del 45% de este ahorro se obtendría en el sector residencial y de servicios, y casi un 10% en el transporte.

Se estima que en la industria cubana, las actividades con mayores potenciales son: el níquel, el cemento, el acero, la generación eléctrica, la refinación de petróleo y en menor medida las industrias alimenticias y el papel. En todas ellas las medidas en lo fundamental se dirigen a elevar la disciplina tecnológica, mejoras técnicas y técnico-organizativas, aprovechamiento del vapor residual, sustitución por combustibles económicamente más ventajosos, mejoras en la combustión, automatización de los controles y otras (Nordelo, 2006).

Es imprescindible reducir la dependencia de nuestra economía del petróleo y los combustibles fósiles. Es una tarea primordial debido a la amenaza del cambio climático global y los problemas ambientales serios que hacen que a medio plazo, no podemos seguir utilizando como forma de vida una fuente de energía no renovable que se va agotando y deteriorando

paulatinamente. Por una parte aprender a obtener la energía de forma económica y respetuosa con el medio ambiente, es un deber elemental de justicia.

Usar eficientemente la energía significa no emplearla en actividades innecesarias conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible. Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía, es lo más importante para lograr un auténtico desarrollo que se pueda llamar sostenible.

1.4-Nociones generales de la gestión energética.

La Gestión Empresarial incluye todas las actividades de la función gerencial que determinan la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización, actividades que se ponen en práctica a través de: la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento del sistema de la organización.

El objetivo fundamental de la Gestión Energética como subsistema de la gestión empresarial es sacar el mayor rendimiento posible a todos los portadores energéticos que son necesarios para una actividad empresarial. Dentro de esta idea el sistema de gestión habrá de responder a determinadas funciones, que tendrán que implementarse en relación con los servicios de la empresa. En un sentido más amplio puede ser la comprensión de la elección de las fuentes de energía, las negociaciones con los suministradores y el control de los suministros, almacenamiento y distribución lo cual comprende:

- 1 Optimizar la calidad de los portadores energéticos disponibles y su suministro.
- 2 Disminuir el consumo de energía manteniendo e incluso aumentando los niveles de producción o servicios.
- 3 Obtener de modo inmediato ahorros que no requieran inversiones apreciables.
- 4 Lograr ahorros con inversiones rentables.
- 5 Demostrar la posibilidad del ahorro energético de la empresa.
- 6 Disminuir la contaminación ambiental y preservar los recursos energéticos.
- 7 Diseñar y aplicar un programa integral para el ahorro.
- 8 Establecer un sistema metódico de contabilidad analítica energética en la empresa.

Funciones de un Sistema de Gestión Energética

Un Sistema de Gestión Energética ha de cumplir determinadas funciones que deben implementarse en relación con los servicios de la empresa para alcanzar los objetivos.

Aprovisionamiento: Este aspecto comprende la elección de los portadores energéticos. Las negociaciones con los suministradores, el control de los suministros y su almacenamiento así como su distribución.

Análisis energéticos: En este punto es necesario establecer dos tipos de análisis Energéticos, uno de auditoría o diagnóstico y el otro de consumo de portadores(Fernández, 2006).

Etapas en la implantación de un Sistema de Gestión Energética.

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.
- 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.
- Gestión total eficiente de la energía.
- La elevación de la eficiencia energética puede alcanzarse por dos vías fundamentales, no excluyentes entre sí:
 - Mejor Gestión Energética y buenas prácticas de consumo.
 - Tecnologías y equipos eficientes.

Lo más importante para lograr la eficiencia energética en una empresa, no es solo que exista un plan de energía, sino contar con un Sistema de Gestión Energética que garantice que ese plan sea renovado cada vez que sea necesario, que involucre a todos, que eleve cada vez más la capacidad de trabajadores y directivos para generar y alcanzar nuevas metas en este campo, desarrolle nuevos hábitos de producción y consumo en función de la eficiencia, que consolide los hábitos de control y autocontrol, y en general, que integre las acciones al proceso productivo o de servicios que se realiza(energía., 2010).

En resumen para lograr la eficiencia energética de forma sistemática es necesaria la aplicación apropiada de un conjunto de conocimientos y métodos que garanticen esta práctica. Ellos deben ser aplicados a los medios de trabajo, los recursos humanos, los procesos, la organización del trabajo, los métodos de dirección, control y planificación. A tal efecto, se ha desarrollado una tecnología para la gestión energética en las empresas, que sintetiza la experiencia, procedimientos y herramientas obtenidas en la labor por elevar la eficiencia y reducir los costos energéticos en la industria y los servicios(Fernández, 2006).

La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE).

La (TGTEE) es un conjunto de procedimientos, herramientas técnico-organizativas y software especializado, que aplicado de forma continua y con la filosofía de la gestión total de la calidad, permite establecer nuevas formas de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa. La (TGTEE) incorpora un conjunto de procedimientos y herramientas innovadoras en el campo de la gestión energética. La implantación se realiza mediante un ciclo de capacitación, prueba de la necesidad, diagnóstico energético, estudio socio-ambiental, diseño del plan, organización de los recursos humanos, aplicación de acciones y medidas, supervisión, control, consolidación y evaluación, en una estrecha coordinación con la dirección de la empresa. Su objetivo no es sólo diagnosticar y dejar un plan de medidas, sino esencialmente elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa, de forma tal que esta sea capaz de desarrollar un proceso de mejora continua de la eficiencia energética(C., 2000).

La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía incluye:

- Capacitación al Consejo de Dirección y especialistas en el uso de la energía.
- Establecimiento de un nuevo sistema de monitoreo, evaluación, control y mejora continua del manejo de la energía.
- Identificación de las oportunidades de conservación y uso eficiente de la energía en la empresa.
- Proposición, en orden de factibilidad, de los proyectos para el aprovechamiento de las oportunidades identificadas.
- Organización y capacitación del personal que decide en la eficiencia energética.
- Establecimiento de un programa efectivo de concientización y motivación de los recursos humanos de la empresa hacia la eficiencia energética.
- Preparación de la empresa para auto diagnosticarse en eficiencia energética.
- Establecimiento en la empresa de las herramientas necesarias para el desarrollo y perfeccionamiento continuo de la Tecnología.

La TGTEE permite, a diferencia de las medidas aisladas, abordar el problema en su máxima profundidad, con concepto de sistema, de forma ininterrumpida y creando una cultura técnica que permite el auto desarrollo de la competencia alcanzada por la empresa y sus recursos humanos(Fernández, 2006).

1.5-Herramientas que se utilizan para establecer un Sistema de Gestión Energética.

Existe varias herramientas que se utilizan para establecer un sistema de gestión energética pero las principales son las siguientes:

- Diagrama de Pareto
- Histogramas
- Intensidad Energética
- Diagrama causa y efecto
- Diagrama de dispersión Estratificación
- Gráficos de control.

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso

Utilidad de un diagrama de Pareto:

- Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos.
- Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.

Un diagrama de Pareto informa sobre los siguientes aspectos:

- ¿Cuál es la causa o elemento de mayor importancia de lo registrados y cuál es su influencia cuantitativa?
- ¿Cuál es el 20% de los elementos que producen el 80% del efecto reflejado en la categoría? Por ejemplo: ¿Cuál es el 20% de los portadores energéticos que producen el 80% del consumo de energía equivalente de la empresa?
- ¿Cómo influye cuantitativamente la reducción de una causa o elemento en el efecto o categoría general analizado? (Fernández, 2006)

Histograma

El histograma permite:

- Obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema.
- Mostrar el resultado de un cambio del sistema.
- Identificar anomalías examinando la forma.
- Comparar la variabilidad con los límites de especificación.

El Histograma es una instantánea de la capacidad del proceso y revela tres características del mismo:

- Centrado: media de los valores obtenidos.
- Distribución: dispersión de las medidas.
- Forma: tipo de distribución.

A nivel de Empresa este indicador puede determinarse como la relación entre el consumo total de energía y el valor de la producción mercantil total. Nos refleja la tendencia de la variación de los consumos energéticos respecto al incremento de la producción.

Todos los indicadores de eficiencia y de consumo energético dependen de condiciones de la producción y los servicios de la Empresa como: factor de carga (es la relación de la producción real respecto a la capacidad productiva nominal de la Empresa), calidad de la materia prima, estado técnico del equipamiento etc. Debido a esto cada índice debe establecerse especificando las condiciones en que debe alcanzarse(Universidad de Cienfuegos, 2002).

Intensidad Energética

A nivel de Empresa este indicador puede determinarse como la relación entre el consumo total de energía y el valor de la producción mercantil total. Nos refleja la tendencia de la variación de los consumos energéticos respecto al incremento de la producción.

Todos los indicadores de eficiencia y de consumo energético dependen de condiciones de la producción y los servicios de la Empresa como: factor de carga (es la relación de la producción real respecto a la capacidad productiva nominal de la Empresa), calidad de la materia prima, estado técnico del equipamiento etc. Debido a esto cada índice debe establecerse especificando las condiciones en que debe alcanzarse(RESTREPO, 2008).

El diagrama causa y efecto

El análisis de las causas con el Diagrama requiere de 5 pasos:

1. Definir el efecto. Significa que sea claro, preciso y medible.
2. Identificar las causas. Cada miembro del grupo en una tormenta de ideas propone posibles causas del efecto descrito. Se toma la lista y se señala la palabra clave de cada causa. Se determinan las subcausas en torno a la palabra clave.
3. Definir las principales familias de causas. Se agrupan las causas y subcausas en familias de: métodos, mano de obra, equipos, materiales u otra causa fundamental del problema.
4. Trazar el diagrama. Se traza la línea central y las que representan las causas principales. Se aportan ideas en torno a cada causa principal por separado y se colocan con su palabra clave.

5. Seleccionar la causa. Una vez construido el diagrama, este cubre todas las posibles causas. Se realiza un proceso de selección ponderada para determinar las de mayor importancia(Fernández, 2006).

Diagrama de dispersión

Es un gráfico que muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico **x, y** si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, determinar su carácter. La observación del diagrama de dispersión nos indica, que existe una tendencia a que los valores altos de nivel ocupacional están asociados a los valores altos de consumo.

Se observa además que la nube de puntos de este ejemplo describe una línea recta por lo que puede existir una relación de tipo lineal entre ambas variables con una pendiente pronunciada. Para determinar el coeficiente de correlación entre ambas variables y probar matemáticamente su validez se establece la ecuación del modelo $Y=f(x)$ y se aplica la prueba de hipótesis correspondiente(Fernández, 2006).

Estratificación

La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando de lo general a lo particular. Pueden ser estratificados los gráficos de control, los diagramas de Pareto, los diagramas de dispersión, los histogramas y otras herramientas de descripción de efectos.

Utilidad de la estatificación:

- Discriminar las causas que están provocando al efecto estudiado.
- Conocer el árbol de problemas de un problema o efecto.
- Determinar la influencia cuantitativa de las causas particulares sobre las generales y sobre el efecto estudiado.

El propósito de la Estratificación es similar al histograma, pero ahora clasificando los datos en función de una característica común que nos permite profundizar en la búsqueda y verificación de las causas a encontrar, resolver o eliminar(Fernández, 2006).

Gráficos de Control

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una Variable en función de ciertos límites establecidos. Generalmente se usan como instrumento de Autocontrol por los círculos y grupos de calidad y resultan muy útiles como apoyo a los diagramas causa y efecto, cuando logramos aplicarlos a cada fase del proceso y detectar en cuales fases se producen las alteraciones. Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio (M) del parámetro de salida muy probable de obtener, mientras que a medida que nos alejamos de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar (3S) del valor medio. Este comportamiento (que puede probarse en caso que no estemos seguros que ocurran) nos permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influya en desviaciones del parámetro de salida controlado(Fernández, 2006).

Utilidad de los gráficos de control:

- Conocer si las variables evaluadas están bajo control o no.
- Conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control.
- Identificar los comportamientos que requieren explicación e identificarlas causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos.
- Conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos energéticos.

1.6- Caracterización de los problemas encontrados.

- Factor de Potencia.
- Pérdidas de energía.
- Facturación Eléctrica.

- Determinación del Índice de Consumo

Factor de Potencia

Operar con bajo factor de potencia una instalación eléctrica, además del impacto en el pago de electricidad, tiene otras implicaciones de igual o mayor significación, particularmente en relación con la capacidad de los equipos de transformación y distribución de la energía eléctrica y con el uso eficiente de la máquinas y equipos que funcionan con electricidad. El concepto del factor de potencia, los efectos que se presentan cuando su valor es reducido y los métodos para corregirlo, no son temas nuevos. Sin embargo, su análisis es un problema permanente y de obligada importancia para todos aquellos cuya actividad se relaciona con la operación eficiente de las instalaciones eléctricas industriales y el ahorro de energía(Babón, 2002).

Inconvenientes de un bajo factor de potencia:

- Una disminución de la capacidad de los equipos de generación, distribución y maniobra de la energía eléctrica.
- Un incremento en las pérdidas de cobre.
- Una deficiente regulación de voltaje.
- Un incremento en la facturación de energía eléctrica.

Métodos de corrección del factor de potencia:

- Reducción del consumo de potencia reactiva, sin la aplicación de medios compensadores.
- Con la aplicación de medios compensadores.

En el proyecto se utilizara la aplicación con la aplicación de medios compensadores como son:

Capacitores estáticos de potencia:

En comparación con los compensadores sincrónicos, los capacitores estáticos tienen las siguientes ventajas(Electric, 2004):

1. Pequeñas pérdidas de potencia activa (0.0025 a 0.005 kW/kVAr)

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso

2. Simplicidad de la explotación (por ausencia de las partes rotatorias).
3. Simplicidad del montaje (pequeño peso, no requieren bases o cimientos, etc.).
4. Para su instalación puede ser utilizado cualquier lugar seco.
5. Bajo costo.
6. Mantenimiento casi nulo.
7. Igual o más alta confiabilidad, aunque son más sensibles a las fallas de cortocircuito y Voltajes superiores al nominal.
8. Presentan mucho menos tiempo de respuesta de control.
9. Pueden ser diseñados con control individual de voltaje de fase.

Pérdidas de Energía

Pérdidas de energía eléctrica en los transformadores.

Los transformadores son equipos indispensables en los sistemas industriales debido a que son máquinas estáticas, cuya misión es transmitir energía eléctrica desde un sistema con una tensión dada a otro sistema con una tensión deseada (CASAS FERNANDEZ, 2006). Tiene una importancia capital dentro de los sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica. Pues han permitido la preponderancia de la corriente alterna y la capacidad de utilizar en cada sector los niveles de tensión más apropiados y económicos, atendiendo a factores tales como: potencia a transmitir, seguridad de utilización, longitud de líneas, etc.

Análisis de las Pérdidas de un transformador.

Las Pérdidas de potencia que se producen en un transformador son fundamentalmente de dos tipos:

Pérdidas en el circuito magnético (P_o). Denominadas también Pérdidas en el hierro o Pérdidas en vacío, ya que se determinan mediante el ensayo de vacío del transformador son

independientes de la carga a que este sometido el transformador y prácticamente invariables a tensión y frecuencia constante.

Pérdidas por efecto Joule en los devanados (P_{cu}). Se deben a las Pérdidas en los embobinados del transformador debido a las resistencias existentes en estos (efecto Joule). Se denominan también Pérdidas en el cobre, ya que los devanados suelen fabricarse en cobre, aunque a veces se realizan en aluminio. Varían proporcionalmente con el cuadrado de la corriente, si se conocen las Pérdidas producidas por este concepto en régimen nominal **P_{cc}** , cuando el transformador funcione con un índice de carga “c”, las Pérdidas en el cobre son:

$$P_{cu} = c^2 \times P_{cc}$$

Las pérdidas en el cobre de un transformador en régimen nominal P_{cc} es un dato que proporcionan los fabricantes. Las Pérdidas de un transformador P_p , que trabaje con un índice de carga “c” Serán.

$$P_p = P_o + P_{cu} = P_o + c^2 \times P_{cc}$$

Facturación Eléctrica

Control de la Demanda Máxima:

El control de la demanda máxima y del consumo de *energía eléctrica*, *consiste en la administración y el control de las cargas eléctricas para reducir cargos por demanda máxima de potencia y por consumo de energía*, durante ciertos períodos de tiempo de acuerdo con la tarifa eléctrica que se aplica. Con este objetivo, se emplean métodos que van desde el desplazamiento en el tiempo de determinadas operaciones fabriles, el control manual o por simples interruptores de reloj de la demanda máxima (que implican una inversión pequeña o aún trivial), hasta equipos altamente sofisticados, totalmente automáticos, que significan una importante inversión (RONDÓN, 2001). Esto permite lograr las siguientes ventajas:

- Reducir los pagos por demanda máxima.
- Reducir el costo de la energía consumida, a partir fundamentalmente de la reducción de las cargas y de que las operaciones sean desplazadas en el tiempo hacia horarios en los cuales el costo de los kWh sea más reducido.

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso

- Disminuir las pérdidas en líneas y transformadores y su costo asociado.
- Reducir la capacidad necesaria de los conductores, transformadores y equipos de distribución y maniobra de la energía eléctrica, así como de generación, si existen.
- Mejorar la regulación de voltaje.

Generalmente el consumo del portador energético electricidad es el que incide en el costo total de los portadores de una empresa. La facturación por este motivo tiene determinadas implicaciones que se reflejan en la estructura de la ecuación general de la tarifa eléctrica:

$$\$ = \left[CD \cdot Dc + (P_p \cdot kWh_{pico} + P_m kWh_{mad} + P_d kWh_d) \cdot K + I_{\Delta P_{transf}} \right] \cdot \left(\frac{Fp_{normado}}{Fp_{real}} - 1 \right)$$

\$: Costo total del consumo de energía eléctrica.

CD: Costo del kW para la demanda contratada.

Dc: Demanda contratada.

Pp: Precio del kWh en horario pico

Pm: Precio del kWh en horarios de la madrugada

Pd: Precio del kWh en horario del día.

K: Factor del Combustible.

$I_{\Delta P_{transf}}$: Pérdidas por transformación:

$\frac{Fp_{normado}}{Fp_{real}} - 1$: Factor que tiene en cuenta el aprovechamiento de la energía a través del comportamiento del factor de potencia de la instalación.

En el caso del costo por demanda contratada este representa entre el 30 y el 40% de los costos totales de la factura, de aquí el gran peso que representa. Esto indica que cualquier análisis de factura debe iniciar por este elemento. Algunas empresas por temor a pasarse de lo contratado tienen un cargo fijo adicional que le pesa en su economía, y en el peor de los casos desconocen que se puede contratar hasta dos veces la demanda en el año.(Ministerio de economía, 2000)

El costo por energía consumida independientemente del horario y del tipo de tarifa que se tenga, es el más importante y en el cual se puede trabajar en reducirlo a partir del conocimiento de las características del consumo(VALOR, 2001).Es por tanto que un reconocimiento detallado del sistema de suministro eléctrico de cualquier instalación permite realizar mejoras encaminadas a mejorar el balance de las cargas, la disminución de perturbaciones en la onda de tensión (calidad de la energía), etc.(FEODOROV, 2004).

El otro elemento de las pérdidas por transformación, estas pasan a la factura en caso que las mediciones de la energía se realicen por la parte de baja del transformador de fuerza. Si las mediciones se realizan por alta estas no se tienen en cuenta. Pero se destaca que el empleo eficiente de la potencia instalada de transformación permite reducir los costos por este motivo. En ocasiones se cuentan con transformadores que en el transcurso de los años se mantienen con un coeficiente de utilización muy bajo, si este mismo transformador fuera de una potencia menor las pérdidas serían menores a partir de que son menores las pérdidas en el cobre y en el hierro(TAMAYO, 2010).

El factor de potencia es el indicador del grado de aprovechamiento de la energía en un sistema de suministro eléctrico. Los costos por penalización por el bajo factor de potencia oscilan entre el 3 y el 15%, sin embargo existen empresas que pueden adoptar medidas al respecto con pequeñas inversiones.

Índice de Consumo

Unidades de producto terminado por unidad de energía consumida.

Este valor de índice de consumo puede ser calculado por tipo de producto o como índice de consumo general en el caso que el tipo de producción lo permita (si son varios productos

diferentes pero de un mismo material el índice puede reducirse a toneladas de ese material etc.). Si se consumen diferentes tipos de energía para un mismo producto debe determinarse el consumo equivalente haciendo compatibles los diferentes tipos. Este índice permite su comparación con las normas de consumo establecidas para Empresas. Ejemplo de índices de consumo: Tn cemento/Tn equivalentes de petróleo: gramos equivalentes de petróleo / kWh; Kilogramos de vapor/Kilogramos de petróleo equivalente; MWh/ cuarto noche ocupado.

El consumo equivalente de energía asociada a los productos o servicios realizados por La Empresa se expresa en toneladas de petróleo equivalentes. Las toneladas equivalentes de petróleo se determinan mediante factores de conversión que relacionan el valor calórico real del portador energético con el valor calórico convencional asumido(ALEMÁN LÓPEZ, Fórum de Ciencia y Técnica, 2006.).

Ejemplo:

Tabla 1: Factores de Conversión.

Toneladas de:	Por factor de conversión:	=Toneladas equivalente de petróleo
Diésel	1.0534	
Gasolina	1.0971	
Fuel Oil	0.9903	

Estos factores pueden variar en dependencia del valor calórico real del portador energético, la actualización de los mismos puede obtenerse con los especialistas de energía del gobierno municipal o provincial

1.7-Conclusiones.

En el presente capítulo hemos logrado establecer y describir los siguientes parámetros:

- Se estableció el estado del arte.
- Se elaboraron los conocimientos suficientes para conocer lo que compone un Sistema de Gestión Energética.
- Fue conocido los conceptos básicos de la Tecnología de la Gestión Total y Eficiente de la Energía (TGTEE).

Capítulo 2 Materiales y métodos

2.1-Introducción.

Si bien el uso de dispositivos eléctricos eficientes genera ahorros muy importantes, no son menos importantes los ámbitos de gestión, diseño y operación, en este capítulo va hacer tratado el comportamiento de los portadores energéticos, así como el desarrollo de las herramientas utilizada en la implantación del sistema de gestión. Se presentan los resultados del estudio general del sistema de suministro eléctrico debido a su grado de importancia en la estructura energética. Se aborda además los aspectos relacionados con la iluminación en el sentido de describir e identificar las particularidades de su empleo. Se definen desde el punto de vista técnico, las deficiencias y las posibilidades de mejoras en cada uno de los elementos analizados.

2.2-Descripción de la UEB Fernando de Dios.

Por la carretera que conduce a Banes, en el kilómetro 19, se encuentra el poblado de Tacajó. Perteneciente al municipio Báguano, en la Provincia Holguín. Tiene 17 mil habitantes, y su principal renglón económico es la industria azucarera. El Central "Fernando de Dios", (Tacajó), es una de las últimas instalaciones hechas en la Industria Azucarera de nuestro país. Data de 1916, hizo su primera zafra en 1917, su montaje y distribución de los equipos resulta uno de los más modernos.

En el 2011 con la resolución 545 del 22 de julio del 2011 del MEP autoriza la creación de la Empresa Azucarera Holguín y la UEB Central Azucarero Fernando de Dios Buñuel como parte de la misma y a su vez con la resolución 328 del 30 de julio del 2011 del MINAZ se pone en vigencia el objeto social aprobado para la Empresa Azucarera Holguín y sus unidades, el que de forma resumida relacionamos sus principales actividades.

Producir y comercializar de forma mayorista azúcares , mieles, derivados, y subproductos tales como ceniza, cachaza, bagazo, energía eléctrica para el sistema de la Unión Eléctrica,; equipos, partes, piezas y repuestos de la agroindustria en moneda nacional. Prestar servicio de maquinado, instrumentación, en moneda nacional. Comercializar de forma mayorista chatarra a las empresas de la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas en moneda nacional y pesos cubanos convertibles. Prestar servicios de reparación, mantenimiento eléctricos y de instrumentación a

equipos automáticos, informáticos y de comunicación; de construcción de viviendas y otras obras menores de la comunidad, reparación y mantenimiento constructivo a entidades y a los trabajadores.

Situación actual de la gestión de la UEB.

En el Central en cuestión existe un comité y una comisión de energía bien estructurados pero no funcionan como deben.

Los instrumentos de mediciones existentes en PGD y en Centros de Cargas se encuentran en mal estado técnico, en su mayoría no funcionan. No se evidencia la existencia de la Guía de Operación en las Calderas del Central, donde se reflejen los parámetros de explotación establecidos.

En el Consejo de Dirección del ingenio no se evalúa el grado de cumplimiento de los planes de consumo, demandas contratadas, comportamiento del factor de potencia y en general el uso racional y eficiente de la energía.

Pocas veces se les informa a los trabajadores del estado energético de la empresa. Las Comisiones de Ahorro de Energía del Central analizan pocos temas relacionados con el uso racional y eficiente de la energía y el cumplimiento de los planes asignados para el consumo de Energía Eléctrica y de índice de consumo.

Los Sistemas de estimulación implementados no permiten estimular moral y materialmente a todos los trabajadores, técnicos, colectivos y directivos que se destaquen en el uso racional y eficiente de la energía y las iniciativas que surjan al respecto.

2.3-Flujograma de los portadores energéticos.

La caña cortada es transportada de la agricultura a los centros de limpia en camiones, en estos centros se elimina las materias extrañas (paja) y se cargan los vagones de ferrocarril en los cuales llega la caña a la industria; de ahí es descargada en el basculador sobre las esteras transportadoras, en su tránsito la caña pasa por los rompe bultos, niveladores y cuchillas. La caña pasa posteriormente a las cuchillas, luego sucesivamente de uno a otro molino (5 en total) mediante conductores intermedios antes que la caña ya triturada entre al último molino se le añade cierta cantidad de agua, conocida como inhibición. Después del proceso de extracción del jugo este pasa al área de purificación y el bagazo (con humedad

alrededor del 50 %) mediante los conductores pasa directamente a las calderas para ser usado como combustible, el bagazo sobrante va a la casa de bagazo donde se almacena para ser usado como combustible cuando el proceso lo requiera o para otros usos.

El jugo mezclado procedente de los molinos pasa al proceso de purificación que tiene como finalidad neutralizar el PH del jugo, eliminar las impurezas en suspensión y eliminar parte de las impurezas disueltas y en estado coloidal; pasando a los calentadores donde se garantiza la temperatura del jugo para que se produzcan las reacciones químicas de forma satisfactoria. El jugo clarificado después de ser calentado es enviado por bombas al área de evaporación, que está compuesta por un pre-evaporador y un cuádruple efecto. El jugo es alimentado sucesivamente del pre-evaporador a cada uno de los vasos. Luego la meladura pasa a los tachos que son evaporadores a simple efectos que operan de forma discontinua, de los tachos las masas cocidas pasan a los cristalizadores donde ocurre el proceso de agotamiento, posteriormente estas masas cocidas pasan a las centrífugas donde se separan los cristales de azúcar de las mieles en las masas cocidas mediante la acción centrífuga de un tamiz metálico (tela) con aberturas suficientemente pequeñas para que puedan retener los granos de azúcar. El azúcar final es transportado por una banda hasta las tolvas.

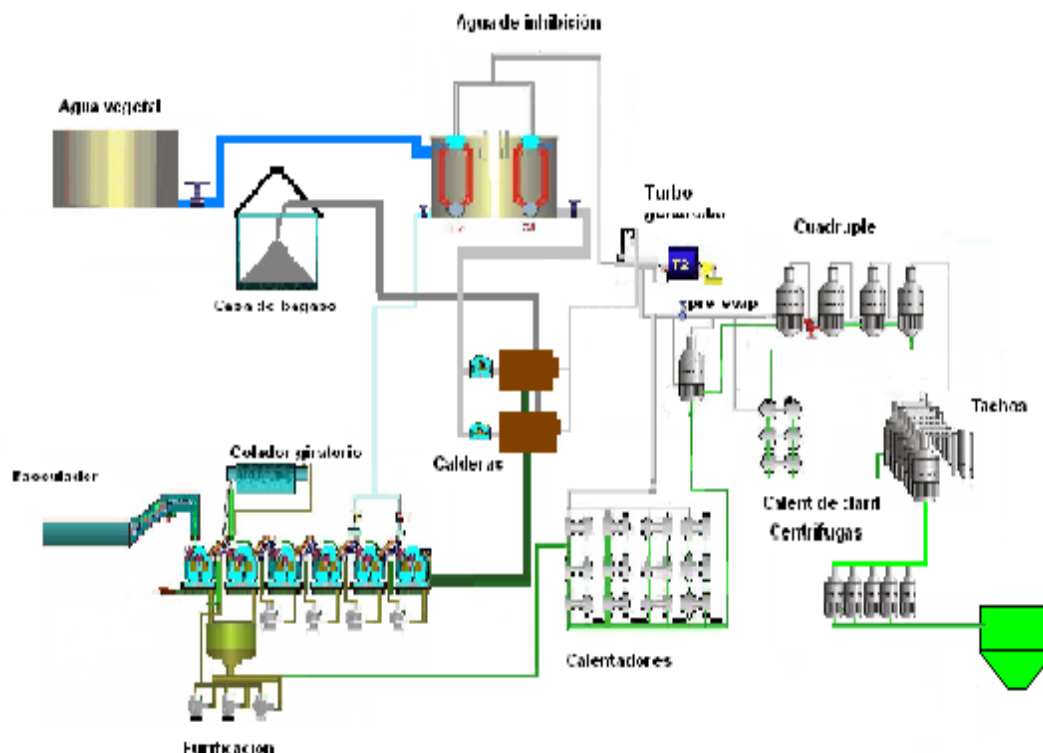


Figura 2.1: Diagrama del Proceso productivo

2.4-Comportamiento del consumo de los portadores energéticos en la UEB.

Para analizar el consumo de los portadores en la empresa se obtuvo la información en el departamento de servicios así como datos y trabajos realizados, dicha información no está actualizada pudiendo comprobar que existe poco control continuo en el consumo de los portadores, en el centro se consumen los siguientes portadores energéticos.

- Energía Eléctrica
- Diésel
- Gasolina

Por otra parte el bagazo es de mucha importancia en la producción de energía. Podemos afirmar que con 1 tonelada de bagazo se producen 2,35 toneladas de vapor y con este vapor se generaría 80 kW de energía eléctrica.

Aunque el agua no constituye un portador energético, por su importancia y la significación energética de su manejo, se incluirá el análisis del uso racional y eficiente de la misma.

Con diferentes informaciones y mediciones se pudo realizar el siguiente grafico donde se llevaron los portadores a toneladas de petróleo equivalente (TEP), se observa que la electricidad es el portador más significativo con un 47,8%, el diésel un 39,58%, el fuel-oil un 12.25% y la gasolina es la menos significativa con un 0,26%. Esto nos ayuda a centrar nuestro estudio de eficiencia en la electricidad y el diésel siendo estos los más explotados.

Tabla 2.1: Composición de portadores a nivel de empresa en el periodo de zafra 2019.

Portadores	Plan	Real	%
Electricidad	842,600	1158,711	137,520
Diésel	25,100	17,243	68,700
Gasolina	2,000	2,191	109,550
Total	869,700	1178,145	

El gráfico a continuación nos demuestra que el portador más significativo es la electricidad en la cual hay que centrar nuestro estudio.

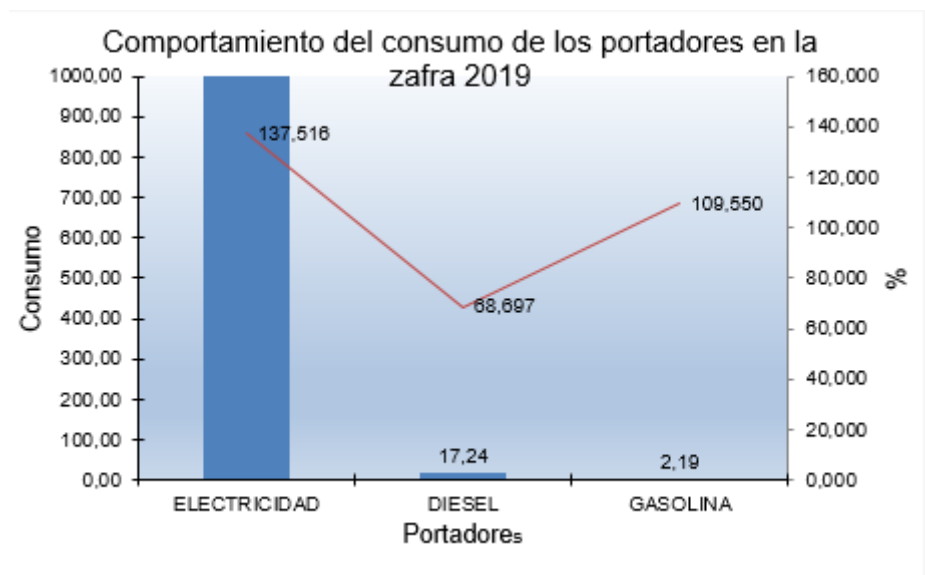


Figura 2.2: Gráfico comportamiento de los Portadores en el 2019.

Importe de los portadores energéticos.

Tabla 2.2: Importe de los portadores en la zafra del 2019.

Portadores	C. Unit Prop	Costo Total
Energía Eléctrica	12,37	235,8
Combustibles	7,15	136,3
Total	19,52	372,1

En esta figura 2.2, se aprecia el alto consumo que representan la energía eléctrica en la UEB cada año los precios de los portadores se incrementan a consecuencia de la crisis mundial de los combustibles y las regulaciones para el sistema estatal se imponen ante una necesidad de lograr la racionalidad.

Comportamiento de los gastos de la instalación.

Para el estudio anual de los gastos de la instalación se analizaron varios conceptos, para ello debemos decir que los costos variables son la materia prima consumida de acuerdo al volumen de producción, en ella se encuentra lo siguiente:

Tabla 2.3: Gastos de los costos variables.

Costo variable	Gastos en pesos	Gastos en CUC
Materia prima	158615908,75	6344636,35
Combustible	1368924,68	54756,99
Energía	1203242,76	48129,71
Otros gastos	718803,76	28752,15
Total de Gastos	161906879,95	6476275,20

Tabla 2.4: Gastos de los costos fijos

Costos fijos	Gastos en pesos	Gastos en CUC
Salario y seguridad social	6462423,23	258496,93
Amortización de activos fijos (depreciación)	4966604,92	198664,20
Gastos Generales de Admón.	1167931,35	46717,25
Gastos de Distribución y ventas	758029,35	30321,17
Total	13354988,85	534199,55

Índices de consumo de electricidad.

Tabla 2.5: Comportamiento de los Índices de consumo en la zafra 2019.

INDICADORES	UM	Zafra 2019		
		PLAN	REAL	%
GENERACIÓN PROPIA	MWh	8156,336	7839,9	96,10
CONSUMO SEN	MWh	407,82	1362,1	-334
ENTREGA SEN	MWh	407,82	435.30	106,92
CONSUMO TOTAL	MWh	22195,8	14809,2	66,7
ÍNDICE DE GENERACIÓN	kWh/Tc	31,75	25,08	78,9
ÍNDICE DE CONSUMO SEN	kWh/Tc	4,52	4,33	95,7
ÍNDICE DE ENTREGA SEN	kWh/Tc	2,67	1,40	52,4
ÍNDICE DE CONSUMO TOTAL	kWh/Tc	33,60	28,01	83,3
AUTOABASTECIMIENTO	%	100	89,42	

En la figura 2.3 a continuación muestra los Índices de Consumo de la zafra 2019. Como se observa esta zafra no fue una zafra optima ya que todos sus Índices están por encima del real. Aclaración estos índices son contra toneladas de caña molida.

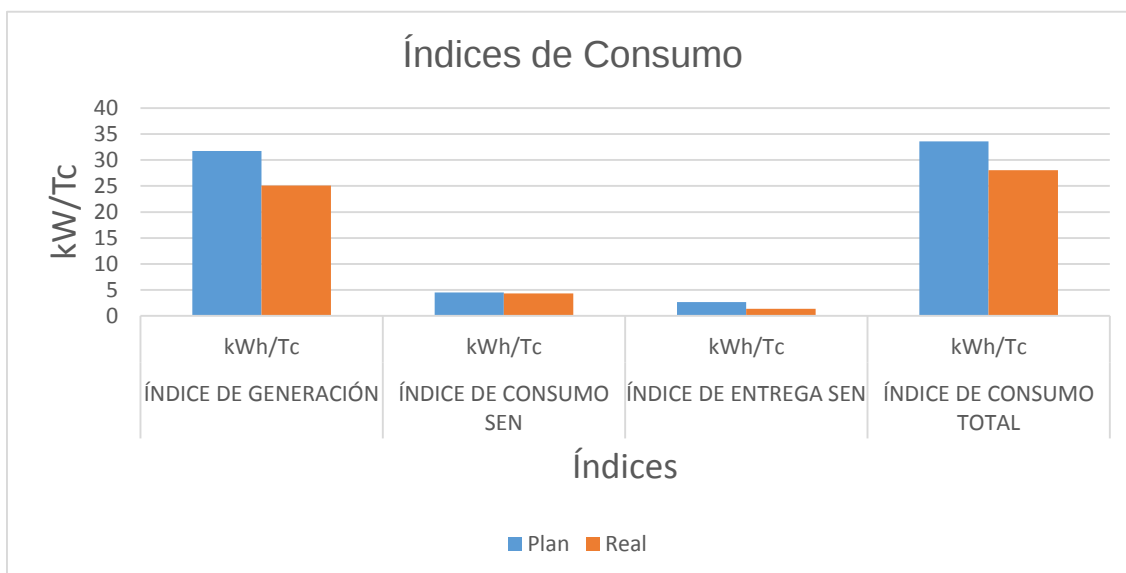


Figura 2.3: Gráfico de comportamiento de los índices de consumo en la zafra 2019.

Tabla 2.6: Consumo de Energía contra Toneladas de Azúcar producidas en la zafra 2019.

Período	Cons. kWh	Prod Tn azúcar	kWh/ton
Ene-19	271198	5353	50,66
Feb-19	290901	3807	76,4
Mar-19	274738	4532	60,6
Abr-19	307632	4811	63,9
Total	1429514	19493	

La siguiente figura 2.4, nos muestra el Índice de Consumo de energía contra Toneladas de Azúcar producidas. Donde se puede apreciar que en los meses de enero y marzo son los de más Producción y menos Consumo.

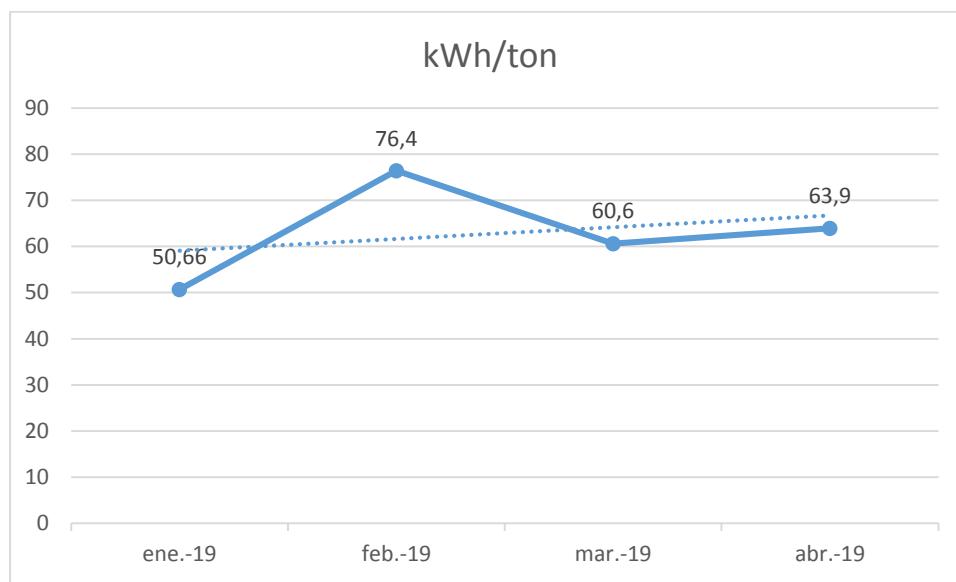


Figura 2.4: Gráfico Control del Índice de Consumo.

En la siguiente figura 2.5 muestra el índice de consumo contra producción de azúcar.

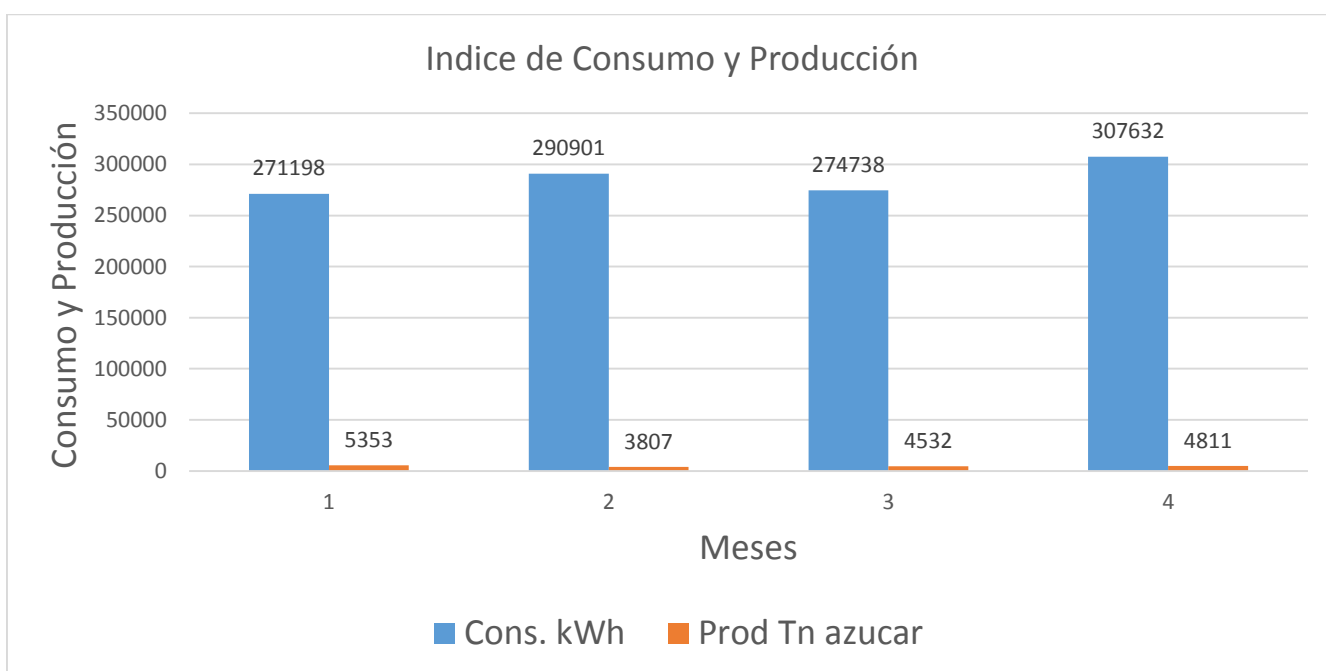


Figura 2.5: Grafico de índice de consumo contra toneladas

2.5-Sistema de Suministro Eléctrico.

Actualmente el Central Azucarero cuenta con un banco de transformador de 3200 kVA, dos transformadores de 33/6.3 kV que alimenta 7 transformadores de 1000 kVA todos de 6,3/0.48 kV. La planta eléctrica está compuesta por 1 Turbogenerador Ruso a contrapresión de 4 MW que sincroniza a la barra de 6,3kV. La barra de 6,3kV tiene enlace con el SEN mediante el interruptor (H-600). La UEB cuenta con un Banco principal:

- 1 Banco de 3200 kVA de 33000/6300 V conexión Y / Δ -11

La carga de 6.3 kV está compuesta por:

- Transformadores de Centro de Carga.
- Motores

Tabla 2.7: Equipos más consumidores en la Barra de 6,3 kV.

Equipos	Volt.	A.	F.P	kW
Motor molino # 1	6300	58	0.71	500
Motor molino # 2 y 3	6300	72	0.77	630
Motor molino # 4 y 5	6300	72	0.77	630

Levantamiento de las cargas instaladas

Para tener una idea de los equipos de mayor consumo se realizó un levantamiento de carga de todos los equipos por área, recogiendo en este sus datos de chapa y demanda, teniendo este levantamiento como se muestra en la tabla 2.9, con los 10 equipos más consumidores de cada área recogiendo en esta su demanda.

Tabla 2.9: Clasificación de la carga instalada por Áreas

Áreas	Cantidad de equipos	Demanda kW	%	% Acumulado
Basculador	17	560,0	5,36	5,36
Molino	29	810,97	7,76	13,13
Hornos	40	2476,65	23,71	36,84
Centrífugas	36	2176,8	20,84	57,69
Concentración	46	3789,2	36,29	93,98
Purificación	24	562,8	5,39	99,37
Planta Eléctrica	6	65,0	0,62	99,99
Total	198	10441,2	100	

En la figura 2.6, se observa el comportamiento de la potencia instalada por áreas de UEB. Se puede apreciar que las áreas de más consumo son los Hornos, Centrífugas y Concentración demostrando que se tiene que analizar más a fondo estas áreas ya que son las más representativas.

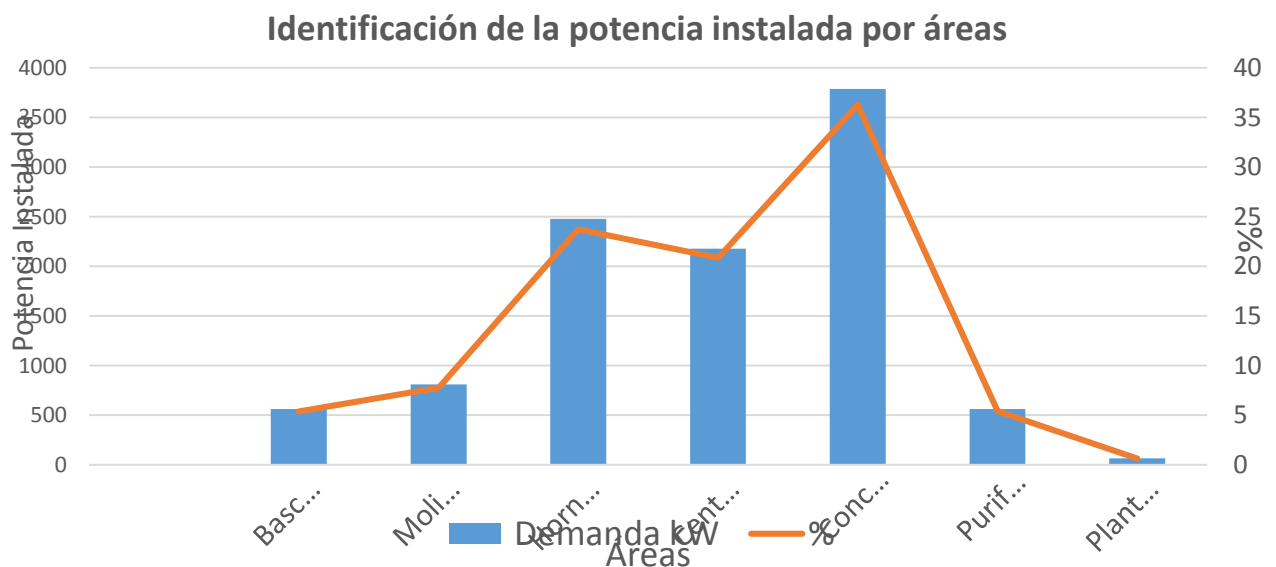


Figura 2.6: Identificación de la potencia instalada por áreas

Análisis de la facturación eléctrica.

Mediante el Acuerdo No. 3944, de fecha 19 de marzo del 2001, del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, fueron aprobados, con carácter provisional hasta tanto sea adoptada la nueva legislación sobre la organización de La Administración Central del Estado, el objetivo y las funciones y atribuciones específicas de este Ministerio, entre las que se encuentra la de dirigir, ejecutar y controlar la aplicación de la política de precios del Estado. El Ministerio de la Industria Básica ha presentado a este organismo la propuesta de modificación del Sistema de Tarifaria Eléctrica, tanto en moneda nacional como en moneda libremente convertible, para el sector no residencial, con el objetivo de actualizarlos y unificarlos en un solo texto legal.

Se aplicará a los servicios de consumidores clasificados como de Media Tensión con instalaciones de cogeneración u otras que generen energía eléctrica, cuya demanda máxima del SEN sea igual o inferior a su capacidad de generación (en kW) en explotación activa o mantenimientos planificados, cuya extensión sea inferior a un mes completo de la facturación de electricidad. En caso que la industria cese su explotación activa por tiempo continuo, superior a un mes completo de facturación, se aplicará en toda su envergadura la tarifa correspondiente a este nivel de voltaje.

La tarifa eléctrica aplicada a la UEB:

\$ 0.102 por cada kWh consumido en el horario pico.

\$ 0.061 por cada kWh consumido en el horario del día.

\$ 0.047 por cada kWh consumido en horario de madrugada

- Las industrias contrataran la máxima demanda para el control de la penalización, sobre la base de la capacidad real necesaria (capacidad real de todas las instalaciones eléctricas deducidas las capacidades de su instalación de generación disponible), más la capacidad de su mayor instalación de generación propia, pero nunca mayor del 90 % de la capacidad instalada de transformación.
- Si la demanda máxima registrada en el horario de día y pico es mayor que la contratada, se facturará el exceso al triple del valor de la demanda de la tarifa de

media tensión **M-1.A.**, o sea \$ 15,00 por kW en exceso.

- Se aplica la cláusula del factor de potencia.
- Se aplica la cláusula de ajuste por variación del precio del combustible

Tabla 2.11: Comportamiento de la Demanda contratada en los meses de Zafra 2019

UEB Central Azucarero Fernando de Dios		
MESES	MÁXIMA DEMANDA CONTRATADA (kW)	MÁXIMA DEMANDA REAL (LEÍDA) (kW)
Enero	2000	2333
Febrero	2000	1984
Marzo	2000	2240
Abril	2000	2021
TOTAL	Medio	8578

En la figura 2.7, se muestra el comportamiento mensual de la Demanda de la UEB. Analizando su contenido podemos apreciar que la demanda real leída está variando constantemente; se observa que en los meses de Enero, Marzo y Abril la demanda leída se excede de la demanda contratada.

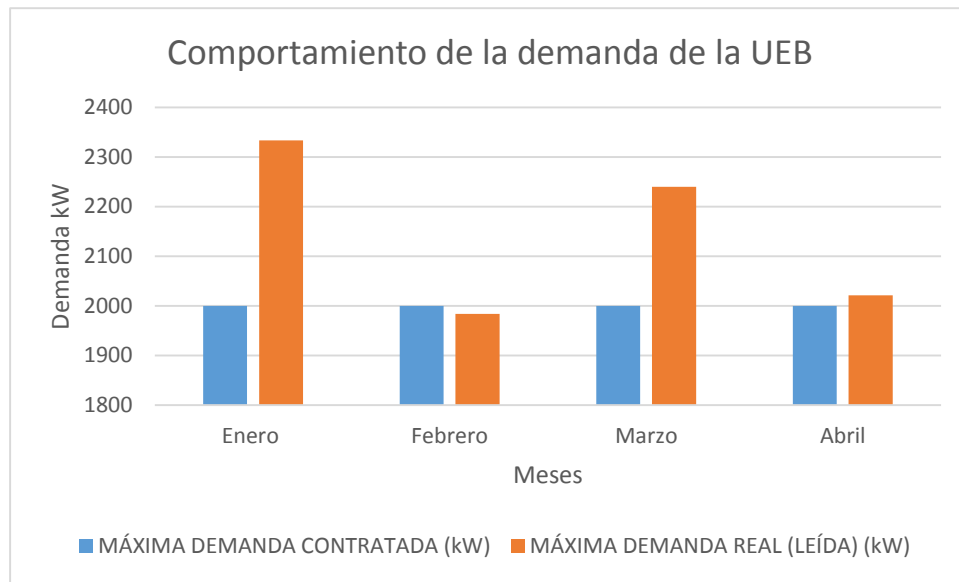


Figura 2.7: Comportamiento de la demanda de la UEB.

Descripción del instrumento de medición y software utilizado.

El instrumento de medición utilizado el analizador de calidad de potencia de redes eléctricas el cual permite verificar rápidamente la red y hacer un análisis eficiente de los resultados, visualiza en tiempo real las formas de ondas de los armónicos, potencia y registro de tendencia de varios centenares de distintos parámetros durante semanas.

En la figura 2.8 se muestra la conexión del analizador Powerquality C.A 8331 en el centro de cargas Piso de Azúcar.



Figura 2.8 Conexión del Analizador de redes

El software empleado para realizar el análisis del Sistema de Suministro Eléctrico industrial es el Dig-SILENT Power Factory, ya que es una herramienta integrada de análisis de sistemas de potencia que combina la modelación confiable y flexible del sistema con algoritmos de solución en el estado del arte y un concepto único del manejo de base de datos. Puede acomodar todo dentro de un esquema integrado y una base de datos integrada. Además es utilizada en entidades encargadas de la operación y estudio de los sistemas de potencia. Incorpora algoritmos de solución mejorados y tecnología de programación avanzada incorporada a una base de datos orientada a objetos. Los modelos matemáticos bajo los cuales se efectúan los cálculos están basados en normas y teorías mundialmente aceptadas como son la ANSI, IEEE y la IEC, es un conjunto de nuevos estándares en integración funcional, por la incorporación de características que pueden ser mejor descrita como documentación activa. Esta característica flexible permite al usuario crear modelos detallados de los sistemas de potencia en una simple base de datos diseñada previamente o durante la realización de un proyecto.

Características relevantes del programa.

- Funciones centrales del Dig-SILENT: definición, modificación y organización de casos, rutinas numéricas, funciones de salida y documentación.
- Manejos de los datos y diagramas de casos, integrado e interactivo.
- Base de datos de casos y elementos de sistemas de potencia.
- Funciones de cálculo (ejemplo: cálculo de parámetros de líneas y maquinas basado en la ingeniería o información de placas).
- Sistemas configurados de redes con sistemas interactivos a acceso en línea “on line” o sistema ESCADA.
- Interfaz genérica para sistemas computacionales basados en mapeo.
- Opera con otras herramientas de simulación como SIMULINK y ASPENTECH.

Los módulos probados y disponibles en Power Factory son:

- Flujo de potencia.
- Despacho de potencia activa y reactiva.
- Cortocircuitos.
- Estabilidad.
- Transitorios electromagnéticos.
- Protecciones.
- Armónicos.
- Confiabilidad.
- DPL (Dig-SILENT Programming Language).

Con el uso de una sola base de datos, la cual contiene los datos necesarios de todas las piezas de equipo dentro del sistema de potencia (datos de línea, datos de generador, datos de armónicos, datos de controladores), Dig-SILENT permite la ejecución de todas las funciones disponibles dentro del mismo ambiente del programa con facilidad. Algunas de esas funciones son el análisis del flujo de potencia, cortocircuitos y armónicos, también la coordinación de protecciones, cálculo de estabilidad y análisis modal. Para el caso de este estudio se utiliza el módulo de trabajo de Flujo de Potencia.

2.6-Conclusiones del Capítulo # 2.

En el presente capítulo hemos logrado describir los siguientes problemas:

- Se describió el flujograma de los portadores energéticos.
- Se demostró que el portador más significativo de la UEB es la electricidad.
- Fue conocido que el portador de mayor gasto monetario es la electricidad con un 137%
- Se demostró que el horario del día es el de mayor consumo de la UEB.
- Se establecieron los Índices de Consumo.
- Fueron destacadas las áreas de los Hornos, Centrifugas y Concentración como las de mayor peso en el consumo de energía de la UEB.
- Se demostró la mala contratación de la demanda en tiempo de zafra.
- Fue demostrado el bajo factor de potencia existente en el central.

Capítulo 3 Propuesta de solución y discusión de los resultados obtenidos

3.1-Introducción.

La utilización racional de la energía requiere de métodos racionales que enfoquen la solución del sobre consumo, el exceso de pérdidas, la explotación de las instalaciones, desde el punto de vista técnico económico y ambiental. Por otra parte las diferentes soluciones y medidas a implantar están basadas en un análisis integral que se corresponda con las características específicas del consumidor.

A través del desarrollo del capítulo actual se llevará a cabo la valoración económica para determinar si las inversiones a realizar serán factibles, para ello se consideraran los principales costos relacionados con la adquisición, montaje y mantenimientos, así como el tiempo de amortización de las nuevas implementaciones, también se hace un análisis concerniente a las posibles pérdidas eléctricas y sus costos.

3.2-Análisis de las mediciones eléctricas realizadas.

Las mediciones fueron realizadas instantáneamente con un analizador de redes aprovechando sus potencialidades, estas fueron realizadas el mes de febrero del presente año, día estable de zafra, dichas mediciones se hicieron en las barras de los 5 centros de carga de la UEB. También se analizan las mediciones mensuales del año 2019 recogidas en los archivos de la Empresa Eléctrica Provincial. El estudio va enfocado en 2 direcciones, la de las mediciones instantáneas y las recogidas en los archivos.

El UEB como sistema.

En la tabla 3.1, se muestra el comportamiento de las variables eléctricas como la P activa, Q reactiva y la S aparente. Como se aprecia en la figura 3.1, en los primeros 5 Centros de Carga hay un gran consumo de Q reactiva por encima de la activa mientras que en los restantes hay mayor consumo de P activa. En la UEB está diseñada para autoabastecerse y entregar energía al sistema, pero en ocasiones tiene que absorber energía del sistema como en caso de arrancada o en alguna parada por rotura. En el anexo 8 se muestran la base de datos de las mediciones realizadas.

Análisis de las mediciones instantáneas:

Tabla 3.1: Comportamiento de las variables eléctricas.

CENTRO DE CARGA	P activa(kW)	Q reactiva(kVAr)	S aparente(kVA)	Cosφ
centro de carga caldera 1	461,4	272,2	532,2	0,90
centro de carga piso de azúcar	508,9	706,7	848,9	0,86
centro de carga procesos 1	536,25	291,7	614	0,92
centro de carga procesos 2	551,3	368,8	658,7	0,84
centro de carga caldera 2	545,4	206,1	595,5	0,94

En este gráfico 3.1 se observa el comportamiento de las potencias en cada centro de carga.

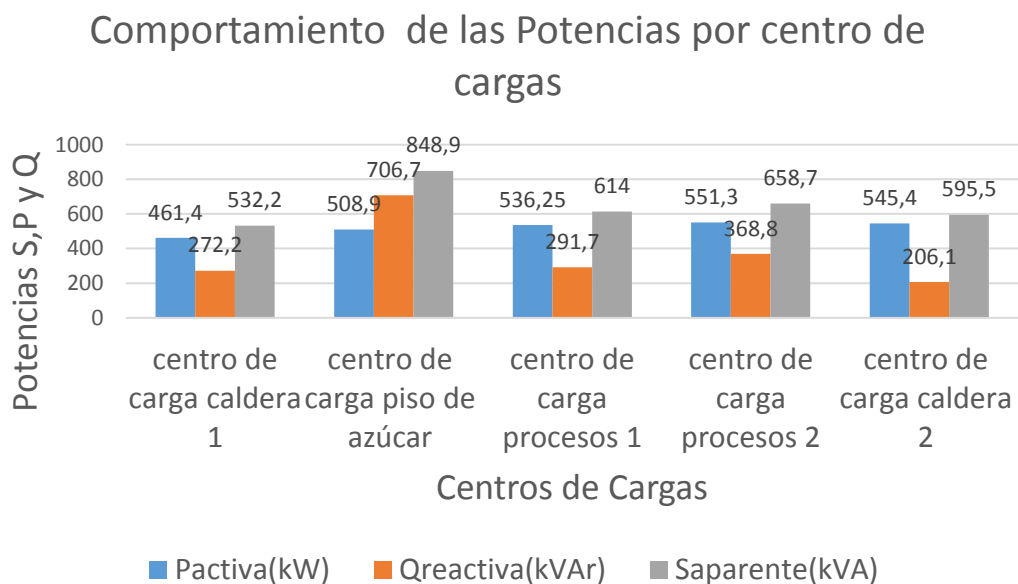


Figura 3.1: Potencias medidas por Centro de Carga.

En la figura 3.2, se demuestra la diferencia entre la P activa y la Q reactiva con la diferencia de valores y variaciones del gráfico. Se observa por encima de la activa en los CC del Piso de Azúcar y el de Procesos 2 lo que constituye un alto consumo de reactivo.

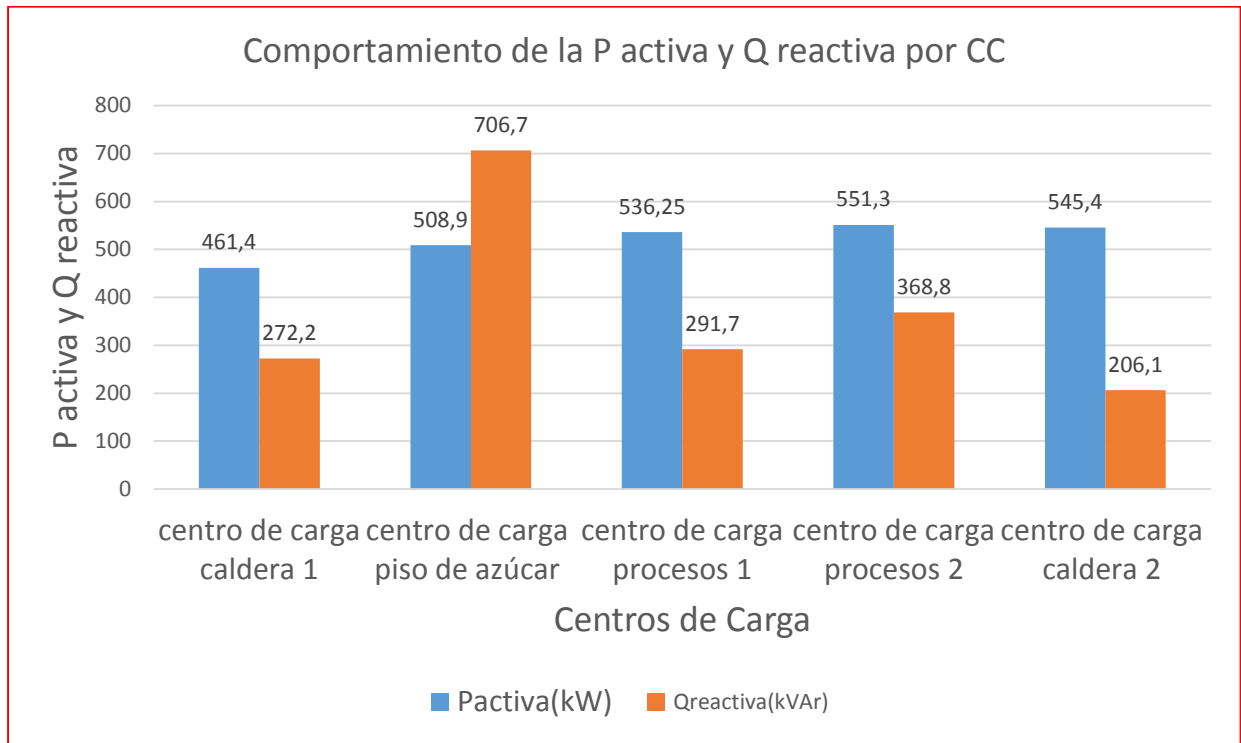


Figura 3.2: Gráfico de P activa y Q reactiva por Centros de Carga.

Factor de potencia.

Para el análisis del comportamiento del factor de potencia en el sistema se puede ver en la figura 3.3, donde se ve que existe un bajo factor de potencia, esto es debido a la falta de instalación de banco de condensadores que regulen el $\cos\phi$ del centro. En las mediciones realizadas por (CC) dio un promedio de 0.88 lo que demuestra la falta de instrumentos y de tecnología para la regulación del mismo para lograr mejoras en el mismo.

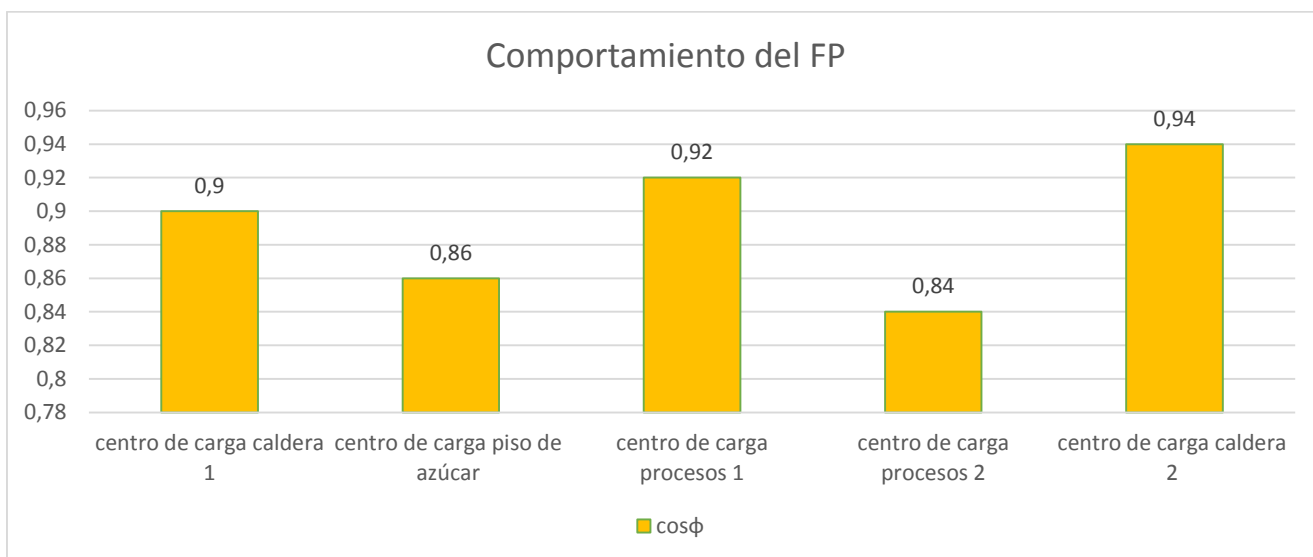


Figura 3.3: Gráfico del comportamiento del FP por Centros de Carga

Análisis de las mediciones de los archivos de la Empresa Eléctrica.

Tabla 3.2: Comportamiento de la Energía Activa, reactiva y FP en los meses de enero, febrero y marzo del 2019.

AÑO 2019		CONSUMO DE ENERGÍA ACTIVA (kWh)			CONSUMO DE ENERGÍA REACTIVA (kVarh)		
Meses	FP	DIA	PICO	MAD	DIA	PICO	MAD
Enero	0,90	1402158	352022	665467	139935	42202	89061
Febrero	0,91	1560487	396544	753517	158329	44522	88050
Marzo	0,95	1706678	440330	838278	146191	43786	84761

La figura 3.4, se muestra que en los meses de enero, febrero y marzo hubo un sobre consumo de energía activa.

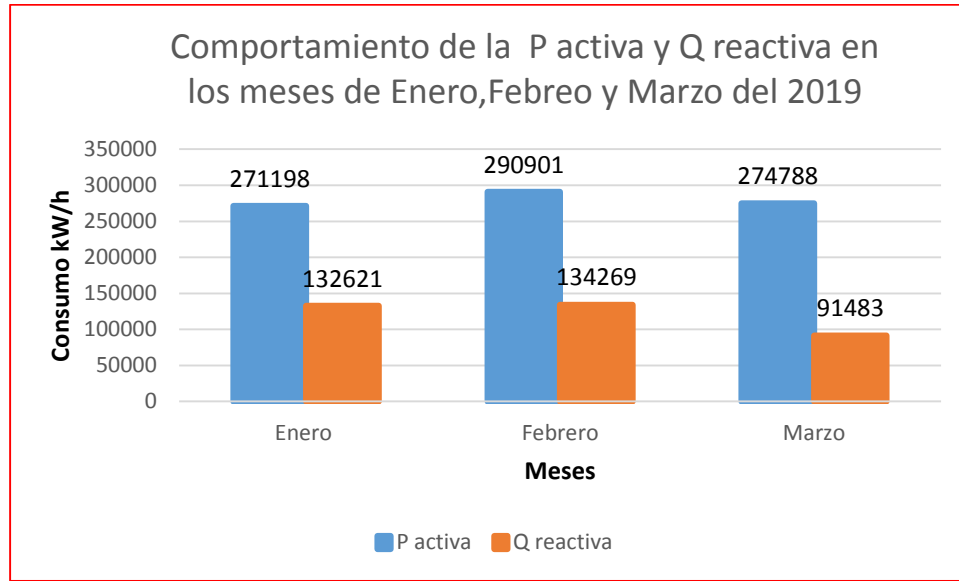


Figura 3.4: Gráfico de las Potencias Activa y Reactiva.

En la figura 3.5 está compuesta por el estado anual del FP en la UEB. Este gráfico da la medida de que el factor de potencia existente en el central. Aquí da un promedio de $\cos \alpha = 0.92$ observándose que no existe un mal factor de potencia en los meses de zafra pero que se puede mejorar a 0,96.

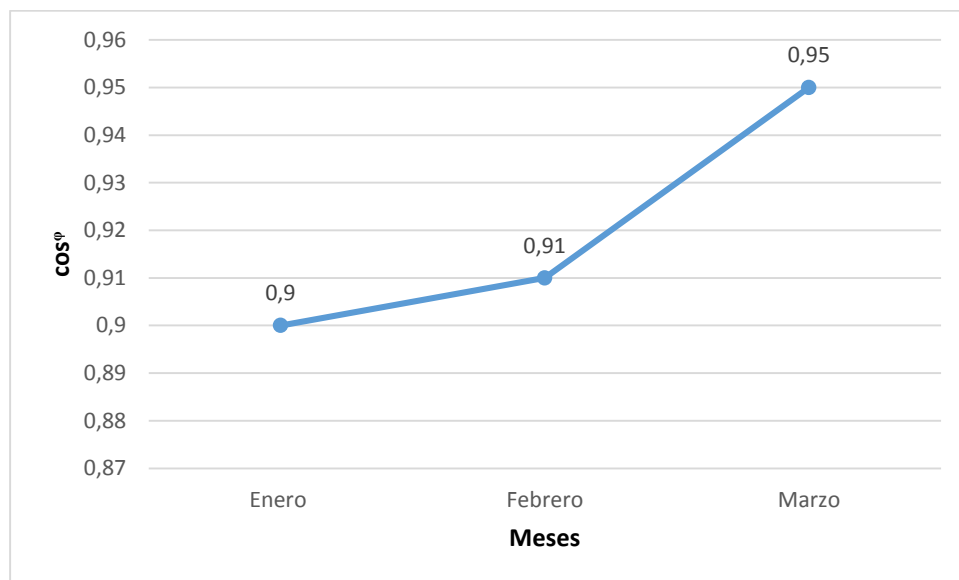


Figura 3.5: Gráfico del comportamiento del factor de potencia.

3.3-Evaluación del sistema de iluminación.

En nuestra empresa existe grandes problemas con el alumbrado algunas deficiencias son:

- Necesidad del mantenimiento de las lámparas existentes.
- La disposición de las luminarias en algunos casos no es la más conveniente.

La falta de seccionalización en circuitos de alumbrado:

Provoca el encendido innecesario de luces en el horario del día fundamentalmente, siendo las áreas más significativas:

- Casa de Bombeo de Condensado.
- Sistema de Centrifugado de Agua Vegetal (frente al Laboratorio).
- Área de Calentadores.
- Bombeo para el Tanque de Reserva.
- Tanque de Recuperación de Condensado.
- Cuarto de Control de la caldera.
- Área de Evaporación.
- Cuarto de fuerza parte de Calderas.
- Taller de Maquinado.

.Mala utilización de la iluminación artificial.

- En la parte industrial predomina el alumbrado ineficiente de Mercurio, tal es el caso del pasillo del Área de Molinos.
- En determinadas áreas se encuentra ubicado a baja altura, por ejemplo: Casa de Trasiego de Pailones, Sala de Baja Tensión en el Área de los Molinos.

- Con mediciones realizadas con un Luxómetro se detectó que el Sistema de Iluminación del Taller de Maquinado es ineficiente, pues desconectando las 9 lámparas de Mercurio en el horario del día el nivel de iluminación en los puestos no varía.(ver tabla anexo # 2)
- El Sistema de Alumbrado Suplementario no es suficiente para el trabajo en las Máquinas Herramientas en el Taller de Maquinado.
- La instalación del alumbrado de 9 bombillos incandescente 32 V en el Área de Evaporación, tiene tres empalmes desnudos, no tiene Soquet y además no posee el aislamiento necesario en el punto de sujeción del conductor.
- Existen áreas donde se puede sustituir el alumbrado por otro más eficiente.

3.4-Estado técnico de los transformadores en la UEB.

La UEB Central Azucarero Fernando de Dios cuenta con una subestación de enlace compuesta por 2 transformadores de 1600 kVA de 33kV a 6,3 kV, cuenta con 2 transformadores de consumo propio de la planta eléctrica estos de 250 kVA de 6,3kV a 0,44kV y con 5 transformadores de 1000 kVA cada uno de 6,3kV a 0,44kV y en periodo de reparaciones se desconectan un transformador en subestación y dos en los centro de cargas que con recursos se puede enlazar los tres centro de carga con un solo transformador.

Por ejemplo:

- Transformador de Alumbrado de 50 kVA del Área de Molinos trabaja en vacío en el horario del día.
- Dos Transformadores de 1000 kVA del centro de carga de las calderas trabajando.
- Transformador de Alumbrado de 25kV del Área de Palería.
- En el centro de carga del Piso de Azúcar existe un transformador de 1000 kVA.
- En el centro de carga de Procesos 1 y 2 un transformador para cada Proceso de 1000 kVA.
- En la Planta Eléctrica existen dos transformadores de 250 y 50 kVA.

- En el Taller de Maquinado dos transformadores de 30 kVA en Alumbrado.
- En el Grupo técnico un Transformado de 50kVA.
- En la Sala de Análisis 2 de 40 y 25kVA.
- En los hornos 1 de 25kVA.
- En el Almacén 2 de 25kVA.
- En el basculador 1 de 25kVA.

3.5-Estado termoenergético.

Las tuberías de conducción de vapor se encuentran debidamente aisladas térmicamente, por lo que no presentan pérdidas de calor.

Características del bagazo y Estados de las Calderas

En el área de generación de vapor aparejado al deterioro de las calderas, la calidad del combustible tributario (bagazo),(Minas, 2006) por la planta moledora está por debajo en algunos renglones y a sobre cumplido en otros como se puede apreciar en el resultado según los parámetros mostrados a continuación en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Parámetros de Eficiencia del azúcar

Parámetros	Plan	Real
% Pol en Bagazo	1.8	2.7
% Humedad en Bagazo	50.00	60.84
% PH Jugo Clarificado en norma	90.00	84.7
% Pol en Cachaza	2.00	3.08
Rendimiento Industrial (Azúcar crudo)	9.36	7.3
Ton. Caña / Ton. Azúcar crudo	9.23	9.86
% Formación de Miel	92.2	117.09
Pureza Jugo Mezclado	79.4	81.5

El resultado de la calidad fue positivo, aunque debemos señalar que solamente se incumple con las partículas ferromagnéticas.

Descripción de las calderas.

La caldera Retol45 es una caldera de dos domos, horno de parrilla basculante y módulos de eficiencia.

Horno:

El horno de la caldera está formado por:

Dos pantallas lateras, una pantalla trasera y la pantalla frontal con el techo cada una con su respectivo colector y el piso del horno está compuesto por parrillas basculantes.

Las pantallas laterales, frontal, trasera y el techo del horno está diseñado con pantallas de membranas. Fabricadas con tubos Ø 57 x 3.5 mm, de acero A-210, con un paso entre tubos de 50 mm y colectores fabricado con tubo Ø 219x 14 mm. La mezcla vapor-agua es extraída de los colectores superiores de las pantallas laterales a través de los tubos evacuadores, que a su vez están conectados al domo superior. La pantalla frontal descarga la mezcla vapor-agua en un colector (en el techo del horno) y a su vez dicha mezcla llega al domo a través de unos tubos igualadores que unen el colector con el domo superior.

La pantalla trasera está fabricada formada por un colector y 69 tubos: frontal y trasero, tubos del piso y tubos de la pantalla trasera.

El aire es inyectado al horno por 4 niveles de toberas (dos en la pantalla trasera y dos en la pantalla frontal), bajo parrilla y por el lanzador neumático .El 60% del aire se inyecta bajo parrilla y 40% sobre esta. El aire se inyecta caliente y frío. En la pantalla frontal se han instalado 6 lanzadores neumáticos que esparcen el bagazo sobre toda la parrilla Pin hole.

En la parte frontal se han dispuesto tolvas para recibir la ceniza cuando se limpien los módulos de parrilla.

Resultados de los cálculos térmicos

Balance

Generación de vapor 80 t/h

Presión de vapor sobrecalentado	17 kg/cm ²
Presión en el domo superior	18 kg/cm ²
Temp. De vapor sobrecalentado	360 °C
Temp. De gases a la salida de la caldera	220 °C
Pérdidas por incombustión química	0.5 %
Pérdidas por incombustión mecánica	3.0 %
Pérdida por gases a la salida de la caldera	11.55 %
Eficiencia	85.09 %
Bagazo consumido	33196 kg/h
Volumen de gases por el VTI	230534 m³ r/h
Volumen de aire por el VTF (p)	79261 m³ r/h
Volumen de aire por el VTF (s)	18852 m³ r/h
Índice de generación	2.41kg/kg

Características del combustible

El combustible es bagazo cuya humedad debe estar en 50 ⁺²₋₅

Contenido elemental de trabajo del bagazo

C= 23.5

H= 3.25

O= 22

Ceniza= 1.25

Humedad= 50%

El poder calórico para 50 % de humedad **es 1825 kcal/kg**

Aire Comprimido

- No existe salideros en el Compresor del Área de Calderas.

Análisis del Agua

Se detectaron salideros en las redes de conducción de Agua, las mismas presentan salideros en las válvulas, algunas presentan problemas técnicos y otras quedan abiertas luego de ser usadas, siendo los más significativos:

- Área de Centrifuga válvula para lavarse las manos.
- Bombeo de Agua para el ingenio (problemas en la empaquetadura).
- Bomba de inyección número 2.

3.6-Ineficiencias de la Gestión Energética en la Instalación.

Según los análisis realizados en los capítulos I y II podemos decir que los elementos principales que caracterizan la gestión energética de la Instalación son:

- Insuficiente análisis de los índices de eficiencia energética.
- Desconocimiento de la incidencia de cada portador energético en el consumo total.
- La instrumentación es insuficiente para el control de la eficiencia energética.
- No existen mecanismos efectivos para lograr la motivación por el ahorro de energía. Ejemplo:(Estimulación a los trabajadores).
- Sistema de información y planificación energética poco efectivos.
- Desconocimiento por los trabajadores de la tarifa aplicada a la empresa.
- Los equipos más consumidores no cuentan con metas de consumo.
- No existe un sistema de divulgación interno de las experiencias en materia de ahorro de energía.
- La divulgación de la planificación del consumo de los portadores energéticos, monitoreo y control no llega a todas las áreas de la empresa.

- El personal no tiene conciencia del peso que tienen los puestos claves sobre el consumo general de la empresa.

Cálculos de beneficios económicos de la UEB.

Cálculos de la Iluminación:

- **Desconexión durante el día del alumbrado encendido innecesariamente.**

Método de cálculo empleado:

EL ahorro sería la potencia total instalada de 33,1 kW durante 12 horas diarias en los meses de Zafra.

Beneficios potenciales	
kWh/año	\$ /año
2520	403.2

- **Cambio de iluminación ineficiente en áreas de la industria.**

Método de cálculo empleado:

La Energía Eléctrica Ahorrada se puede determinar empleando los siguientes datos y ecuaciones:

(PLNE) Potencia instalada de las lámparas no eficientes existentes (kW)	18,9
(PLE) Potencia instalada de las lámparas eficientes (kW)	1,837
(Tal) Tiempo de trabajo anual del alumbrado.	1080

Ecuación para el cálculo de (CLNE), consumo de lámparas no eficientes existentes (kWh)

$$CLNE = PLNE \times Tal$$

Ecuación para el cálculo de (CLE), consumo de las lámparas eficientes (kWh)

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso

CLÆPLE.

Ecuación para el cálculo de la **Energía Eléctrica Ahorrada** (Ea):

~~*ECLAD*~~

	Beneficios potenciales
kWh/año	\$ /año
1728	276,48

Cambio de lámparas de 400, 250,160W por lámparas led de 75W.

Cálculos de beneficios potenciales de ahorro en los sistemas de climatización:

	Beneficios potenciales	
	kWh/año	\$ /año
Mejorar hermeticidad a los equipos de clima del área de evaporación y el cuarto de control de calderas.	907	145,15

Método de cálculo empleado:

La potencia instalada en ambos locales es de 4,26 kW, se estima una pérdida de un 10% de la potencia de estos equipos en los tres meses de Zafra.

Establecimiento de los puestos claves, proposición de medidas para el ahorro energético.

Los puestos claves en la instalación son los siguientes:

➤ Basculadores.

➤ Molinos.

Plan de medidas de ahorro de energía en las áreas de Basculador y Molinos.

- Apagar el alumbrado innecesario en horarios del día.
- Independizar todo el sistema de alumbrado que así lo requiera a través de país o interruptores.
- Hacer un uso óptimo de las máquinas de soldar y desconectar después del trabajo.
- No dejar equipos encendidos innecesariamente.
- Si hay roturas prolongadas detener todos los equipos que se encuentren trabajando.
- No arrancar las cuchillas si no sé está moliendo, por ser estos grandes consumidores de energía.
- Desplazar fuera del horario pico el uso de máquinas de soldar, salvo que sea de extrema urgencia o afecte la producción.
- Parar en horario pico los aires acondicionados instalados en el área.
- No hacer pruebas en horarios pico que provoquen consumos excesivos.
- Eliminar salideros de agua, vapor, combustibles y lubricantes.
- Programar los mantenimientos fuera del horario pico.
- Hacer acomodo de carga para el horario pico y el resto del día, (hacer un uso óptimo de los equipos según lo requiera el proceso).
- Garantizar la desconexión de los equipos estatales de climatización que no cumplan las siguientes condiciones:
- El aire acondicionado debe estar ajustado para garantizar la temperatura de confort en el local (24 grados Celsius).

- El local tiene que estar debidamente sellado y no existir fugas de aire.
- Deben cumplirse los ciclos de mantenimientos de los equipos de climatización principalmente la limpieza de sus filtros.

Análisis de la matriz DAFO

Debilidad

- No poseen un Sistema de Gestión Energética que garantice el mejoramiento continuo de los portadores energéticos.
- No se concentran los esfuerzos en el control de los principales portadores energéticos.
- Los planes de medidas deben estar desplegados por área para que todos los trabajadores se involucren en esta tarea.
- El central no cumple con el Índice de consumo del SEN, ni con el índice de entrega al SEN.

Amenaza

- La incidencia de los portadores energéticos sobre los gastos totales de la empresa.
- El impacto del consumo de los portadores energéticos sobre el entorno empresarial.
- Deterioro de los sistemas tecnológicos de la empresa energética de la empresa.

Fortaleza

- Capacidad de la empresa para el perfeccionamiento de un sistema de gestión energética.
- Personal profesional capacitado.
- La creación de los planes de acción para el ahorro de los portadores energéticos.

Oportunidades

- Reducir los costos de producción mediante el uso eficiente de los portadores energéticos.
- Evaluación cualitativa y cuantitativa del consumo de energía.
- Definir medidas y proyectos para el ahorro de energía.

Propuestas de las medidas organizativas para mejorar la eficiencia energética en las áreas y equipos.

A partir del diagnóstico realizado se han presentado una serie de problemas que acarrearán ineficiencias en las diferentes áreas, es de vital importancia establecer medidas que conlleven a una explotación más eficiente de los portadores energéticos en la entidad, así como la concientización del personal encargado de llevar al punto más alto la gestión y la eficiencia energética en la empresa(MOA., 2001).

Medidas organizativas:

- Concienciar a los trabajadores del derroche de agua para cerrar las pilas abiertas innecesariamente.
- Recontratar la Demanda en el tiempo de zafra elevarla a 2500 kW, y en tiempo de no zafra disminuirla a 400 kW. Esto le brindará notables ahorros a la empresa.
- Lograr llevar las calderas a su máximo nivel. Esto brindará un gran apoyo al SEN.
- Mantener una adecuada organización y control de la contabilidad de los portadores energéticos.
- Aprovechar las potencialidades de la luz solar en el día y desconectar las luminarias encendidas innecesariamente.
- Determinar dónde están las potencialidades de ahorro de portadores energéticos y confeccionar los programas para su explotación.
- Insulación de las tuberías del proceso.
- Mantener calibrados y en buen estado los instrumentos de medición existentes.
- Efectuar y controlar el acomodo de carga.
- Programar mantenimientos a las PGD.
- Crear diagramas mono lineales de agua y aire comprimido.

- Conformar registro primario de operaciones de aire comprimido en las áreas de Centrifugas y Calderas.
- Conformar Guía de Operación de Calderas donde se reflejen los parámetros de la explotación establecidos.
- Las secciones sindicales que tienen afiliados a los operadores de los puestos claves deben profundizar en el análisis del consumo del portador energético con el cual tengan mayor incidencia.
- Realizar acuerdos encaminados a estimular las iniciativas para el uso racional de la energía.
- Fomentar la ponencia de trabajos en fórum relacionados con el ahorro de Energía Eléctrica.
- Crear una comisión de preservación del medio ambiente.
- Evaluar en el consejo del ingenio el cumplimiento de los planes de consumo, demandas contratadas, comportamiento del factor de potencia y en general el uso racional y eficiente de la energía.
- Aplicar medidas para revertir los incumplimientos de los planes de consumo asignados.
- Activar planes de estimulación para estimular moral y materialmente a todos los trabajadores, técnicos, colectivos y directivos que se destaquen en el uso racional y eficiente de la energía y las iniciativas que surjan al respecto.
- Si hay roturas prolongadas detener todos los equipos que se encuentren trabajando, salvo que el proceso requieran que estos permanezcan encendidos.
- No hacer pruebas en horarios pico que provoquen consumos excesivos.
- Parar en horario pico los aires acondicionados instalados en el área.
- No arrancar maquinas herramientas en el horario pico, salvo que sea de extremada urgencia o estos trabajos puedan paralizar la producción.

Medidas de pequeña inversión.

1) Sistema de iluminación.

- Seccionalizar los circuitos de alumbrado en la UEB.
- Realizar la limpieza sistemática de las luminarias, ya que la suciedad reduce en un 20 % el nivel de iluminación.
- Evaluar una mayor utilización de la luz solar en aquellos lugares que sea posible. (tejas translúcida).
- Instalar superficies reflectoras en las lámparas, pues esto direcciona e incrementa la iluminación y posibilita la reducción de lámparas en las luminarias.
- Utilizar balastos electrónicos que permiten ahorrar energía hasta un 10 % e incrementa la vida útil de las lámparas.
- Apagar las luminarias encendidas innecesarias en el transcurso del día. Ejemplo:
 - Cuarto de Control de la caldera.
 - Área de Evaporación.
 - Taller de Maquinado.
- Mejorar la utilización de la iluminación artificial.
- Utilizar las normas para la ubicación de las luminarias. Ejemplo:

En determinadas áreas está a baja altura la ubicación del alumbrado tales como, Casa de Trasego de Pailones, Sala de Baja Tensión en el Área de los Molinos.
- Instalación de zócalos y correcto aislamiento a los empalmes de los bombillos de 24v en el área de evaporación.
- Mejorar el alumbrado suplementario en el Taller de Maquinado.

- Utilización de tejas traslucidas en lugares como el Taller de Maquinado y mejorar el mantenimiento de las existentes.

Medidas de mediana inversión:

- Entre las inversiones necesarias para mejorar la eficiencia energética tenemos el cálculo y adquisición de bancos de condensadores con vista a aumentar la calidad del servicio eléctrico.

Cálculo de los Bancos de Condensadores.

La Industria ha sido objeto de penalizaciones por bajo Factor de Potencia en los meses de no zafra del pasado año 2018 (tiempo base utilizado para nuestro estudio), proponemos mejorar este Factor de Potencia mediante la instalación de un banco de condensadores.

La disminución del consumo de reactivo, con la consecuente mejora del factor de potencia, permite disminuir las pérdidas en el sistema, liberar capacidades de los equipos, reducir las caídas de tensión, así como lograr que la instalación en su conjunto tenga un factor de potencia superior. Esto último trae como consecuencia una reducción en el costo de la electricidad, cuando la tarifa incluye recargos por bajo factor de potencia y bonificaciones por valores elevados, lo cual suele ser la mayor ventaja económica de esta medida.

Como ya se conoce, la potencia reactiva no puede ser anulada debido a que muchos equipos la utilizan para su funcionamiento, sin embargo su circulación por transformadores y líneas de las instalaciones produce pérdidas de energía, por lo que se hace necesario llevar de la mano estos elementos inversamente proporcionales para solucionar satisfactoriamente el problema (CARDET GONZÁLEZ, 2004).

De acuerdo con las mediciones realizadas por la Empresa Eléctrica en la UEB posee un factor de potencia promedio 0,81 en el año 2018 el cual se desea elevar a 0,96.

Datos:

S_r - Potencia Aparente real medida

S_n - Potencia Aparente nominal del Transformador

P_a - Potencia activa medida

Q_l - Potencia reactiva real medida

$\cos\phi_{AC}$ - Factor de Potencia antes de la compensación

$\cos\phi_{AC}$ - Factor de Potencia después de la compensación

$P_t AC$ - Pérdidas totales antes de la compensación

$P_t DC$ - Pérdidas totales después de la compensación

ΔP_t - Ahorro en pérdidas después de la compensación

Q_c - Cantidad de reactivo que se necesita para compensar

k - Es el coeficiente tomado de la tabla del libro de suministros eléctricos para mejorar el factor de potencia.

$kVAL$ - Capacidad Liberada

ΔU_1 - Variación de la tensión antes de la compensación

ΔU_2 - Variación de la tensión después de la compensación

X - Reactancia de la línea

R -Resistencia de la línea

P_{cu} - Pérdidas en el cobre

P_{fe} - Pérdidas en el hierro

S_2 - Potencia reactiva después de la compensación

$T_3=T_1$ Tiempo de trabajo del transformador en la zafra 2019 en horas

Datos del transformador reacomodado con las cargas de los transformadores 1 y 2 el transformador #3 quedaría:

$$\begin{array}{ll}
 S_r = 848,9 & \cos \phi_{AC} = 0,60 \\
 S_n = 1000 & \cos \phi_{DC} = 0,96 \\
 P_a = 508,9 & R = 0,1375 \\
 Q_l = 706,7 & X = 5,7 \\
 T_{pa} = T_{p1} = 3000 & k = 0,810
 \end{array}$$

Cálculos del banco de condensadores del CC Piso de Azúcar:

Calculo de las pérdidas totales antes de la compensación.

$$P_t AC = P_{fe} * T_1 + (kVAr/kVAn)^2 * P_{cu} * T_3$$

$$P_t AC = 3,174 * 720 + (706,7/1000)^2 * 11,115 * 720$$

$$P_t AC = 6282,07 kW / 125 \text{ días de zafra}$$

$$Q_c = P * (\tan (\cos^{-1} (fp_1)) - \tan (\cos^{-1} (fp_2)))$$

$$Q_c = 508,9 * (\tan (\cos^{-1} (0,60)) - \tan (\cos^{-1} (0,96)))$$

$$Q_c = 530,11 \text{ estandarizado} \approx 530 \text{ kVArc}$$

Luego estandarizamos la capacidad del banco de condensadores para poder realizar el cálculo de las nuevas pérdidas en el transformador, la misma será de **530 kVArc**.

Determinación de las pérdidas en el transformador principal. (Después de la compensación).

A medida que los bancos de condensadores operan, les suministran la cantidad de potencia reactiva que demanda la carga, reduciendo la corriente que circula desde la fuente hasta el punto de ubicación del banco de condensadores, al disminuir la corriente disminuye la carga

en kVA para generadores, transformadores, cables, etc. Para el cálculo de las pérdidas después de la compensación, con la Q_c calculada y estandarizada, y la Q_l que teníamos de las mediciones entonces calculamos la Q del sistema ($Q_{sist.}$):

$$Q_{sist} = Q_l - Q_c$$

$$Q_{sist} = 706,7 - 530,11$$

$$Q_{sist} = 176,59$$

Luego calculamos la potencia aparente (S_2), después de la compensación.

$$S_2 = \text{raiz} (P_a^2 + Q_{sist}^2)$$

$$S_2 = \text{raiz} (508,9^2 + 176,59^2)$$

$$S_2 = 538,66$$

Comprobación del $\cos\phi$

$$\cos\phi = P_a / S_2$$

$$\cos\phi = 508,9 / 538,66$$

$$\cos\phi = 0.94$$

Pérdidas totales *después de la compensación*

$$P_t DC = P_{fe} * T_1 + (S_2 / kVAn)^2 * P_{cu} * T_3$$

$$P_t DC = 3.174 * 720 + (538,66 / 1000)^2 * 11,115 * 720$$

$$P_t DC = 4607,32$$

Ahorro en pérdidas después de la compensación

$$\Delta P_t = P_t AC - P_t DC$$

$$\Delta P_t = 6282,07 - 4607,32$$

$$\Delta P_t = 1674,74 \text{ kW} / 125 \text{ días de zafra}$$

Capacidad liberada

$$kVA2 = kVA1 * (\cos\phi1 / \cos\phi2)$$

$$kVA2 = 848,9 * (0.60 / 0.94)$$

$$kVA2 = 541,85$$

$$kVAL = kVA1 - kVA2$$

$$kVAL = 848,9 - 541,85$$

$$kVAL = 307,04$$

Variación de tensión antes de la compensación

$$\Delta U1 = (RP + XQ) / V$$

$$\Delta U1 = (0,1375 * 508,9 + 5,7 * 706,7) / 440$$

$$\Delta U1 = 9,31$$

Variación de tensión después de la compensación

$$\Delta U2 = \Delta U1 - (XQc / V) = 9,31 - (5,7 * 530,11 / 440)$$

$$\Delta U2 = 2,44V$$

Tabla 3.4 Cálculo de los Bancos de Condensadores por la demanda máxima registrada.

MES	DR	FP	ckVAr
01/01/2019	2450	0,90	689,10
01/02/2019	2333	0,91	589,21
01/03/2019	1984	0,95	249,24

Tabla 3.5 Importe por penalización y bonificación

	fp	Importe por pérdidas (\$)	Importe penalización por factor de potencia (\$)	Importe por demanda registrada (\$)	Bonificación por factor de potencia (\$)	Importe total (\$)	% que representa la penalización del importe total
01/01/2018	1,00	0,00	-412,34	0,00	-412,34	9483,75	-4,35
01/02/2018	0,99	0,00	-437,47	0,00	-437,47	10061,76	-4,35
01/03/2018	0,87	0,00	441,37	9954,00	0,00	23194,96	1,90
01/04/2018	0,54	0,00	29215,11	5985,00	0,00	79022,78	36,97
01/05/2018	0,51	0,00	26286,11	0,00	0,00	60660,25	43,33
01/06/2018	0,72	0,00	7688,06	6699,00	0,00	45139,31	17,03
01/07/2018	0,89	0,00	138,56	2520,00	0,00	14990,28	0,92
01/08/2018	0,81	0,00	1039,58	1092,00	0,00	11487,79	9,05
01/09/2018	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	8417,96	0,00
01/10/2018	0,96	0,00	-387,38	0,00	-387,38	8909,62	-4,35
01/11/2018	0,98	0,00	-505,19	9744,00	-505,19	21363,36	-2,36
01/12/2018	1,00	0,00	-604,38	2562,00	-604,38	16462,59	-3,67

Tabla 3.6 Beneficio del mejoramiento del factor de potencia a 0.96.

	Factor de potencia	Facturación normal (\$)	Importe por demanda registrada (\$)	Importe por pérdidas (\$)	Bonificación (\$)	Importe total estimado (\$)	Ahorro estimado (\$)	Ahorro o estimado (%)	Importe total estimado (\$)	Ahorro estimado (\$)	Ahorro o estimado (%)
01/01/2018	0,96	9896,09	0,00	0,00	-412,34	9483,75	0,00	0,00	9483,75	0,00	0,00
01/02/2018	0,96	10499,23	0,00	0,00	-437,47	10061,76	0,00	0,00	10061,76	0,00	0,00
01/03/2018	0,96	12799,59	9954,00	0,00	-533,32	22220,27	974,69	4,20	12266,27	10928,69	47,12
01/04/2018	0,96	43822,67	5985,00	0,00	-1825,94	47981,73	31041,05	39,28	41996,73	37026,05	46,85
01/05/2018	0,96	34374,14	0,00	0,00	-1432,26	32941,88	27718,37	45,69	32941,88	27718,37	45,69
01/06/2018	0,96	30752,25	6699,00	0,00	-1281,34	36169,91	8969,40	19,87	29470,91	15668,40	34,71
01/07/2018	0,96	12331,72	2520,00	0,00	-513,82	14337,90	652,38	4,35	11817,90	3172,38	21,16
01/08/2018	0,96	9356,21	1092,00	0,00	-389,84	10058,37	1429,42	12,44	8966,37	2521,42	21,95
01/09/2018	0,96	8417,96	0,00	0,00	-350,75	8067,21	350,75	4,17	8067,21	350,75	4,17
01/10/2018	0,96	9297,00	0,00	0,00	-387,37	8909,63	0,00	0,00	8909,63	0,00	0,00
01/11/2018	0,96	12124,55	9744,00	0,00	-505,19	21363,36	0,00	0,00	11619,36	9744,00	45,61
01/12/2018	0,96	14504,97	2562,00	0,00	-604,37	16462,60	-0,01	0,00	13900,60	2561,99	15,56

3.7-Valoración económica

A continuación se realizará la valoración económica a fin de determinar si la inversión que se realizará resultará viable para la empresa teniendo en cuenta el tiempo de amortización.

Costo de los Banco de condensadores

De acuerdo con el servicio de la Empresa Eléctrica valoran los Bancos de acuerdo con la cantidad de vasos que tenga, prestan servicios con vasos de 30 kVAr. Estos vasos deben ser instalados en bancos de 3 vasos y puedes poner la cantidad de bancos que se ajuste a su necesidad. Estos Bancos son automáticos y el precio va dado por la cantidad de vasos que necesite la instalación. **Precio de los vasos:**

Cada vaso: **499\$**

Costo Protecciones por fase: **52,05\$**

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso

Costo mano de obra: **87,69\$**

Costo de transporte: **58,88\$**

Costo de pararrayos: **100.00\$**

Costo de los herrajes: **159,72\$**

Costo equipo central: **100.00\$**

Costo Total: 1116,41\$

Tabla 3.7: Costo de los bancos

Centro de carga	Capacidad del Banco	# de vasos	15 kVArc	25 kVArc	50 kVArc	Costo total \$
CC Piso de Azúcar	530	12	2	0	10	6545,62
CC Calderas 1	513	12	1	0	10	6545,62
CC calderas 2	90	5	3	2	0	3611,41
CC Procesos 1	147	6	0	0	3	4110,41
CC Procesos 2	224	5	0	1	4	3611,41
TOTAL	1504	40	0	3	51	24424,47

Tiempo de amortización

La inversión total de este trabajo se enmarca solamente en la eliminación de la penalización por bajo factor de potencia. Teniendo en cuenta la importancia de poder elevar el valor del

mismo en el tiempo muerto o sin zafra. Esta amortización se determina a partir de la relación del costo de inversión dividido por lo que se ahorraría producto a esta.

$Ta = \text{Costo Inv} / \text{Ahorro en el año}$

$Ta = 24424,47 / (8674,02)$

$Ta = 2,816$ años.

3.8-Conclusiones del Capítulo #3

- ❖ Se dieron a conocer las Ineficiencias detectadas.
- ❖ Realizamos los cálculos de beneficios potenciales.
- ❖ Se analizó a fondo la Matriz **DAFO**.
- ❖ Elaboramos las medidas Organizativas para el mejoramiento de la Materia Energética.
- ❖ Se dictaminaron las medidas de pequeña inversión para el ahorro de Energía

Conclusiones Generales:

Luego del análisis de las condiciones actuales, los resultados expuestos, las medidas adoptadas y el diagnóstico energético en la empresa, llegamos a las siguientes conclusiones:

- Se demostró que el portador más significativo en la UEB es la electricidad.
- Fue conocido que el portador de mayor gasto monetario es la electricidad con un 137%.
- Se demostró que el horario de mayor Consumo es el del día.
- Logrando el reajuste de la demanda contratada hasta **2500 kW** en el tiempo de zafra y **400 kW** en el tiempo de no zafra logrará un ahorro de **\$ 38 556 al año**.
- Realizando la compra del banco de condensadores con el nuevo ajuste de las cargas se ahorrarán **\$8674,02 al año**.
- La Inversión realizada se recuperará en un tiempo máximo de **2,86 años**.

Recomendaciones:

- Usar este estudio como base para investigaciones más profundas y aspiramos a la aplicación de este trabajo en la UEB Fernando De Dios para lograrar un mejor uso de la energía eléctrica.
- Utilizar este trabajo como base de estudio para los estudiantes del ISMM.

Bibliografía:

- ALEMÁN LÓPEZ, J. F. H. E. M. (Fórum de Ciencia y Técnica, 2006.). Gestión empresarial con vistas a disminuir la demanda máxima de la Red en la empresa de Alcoholes Finos de Caña SA. (ALFICSA).
- Babón, G. J. (2002). El ahorro energético como ayuda a la competitividad de las empresas.
- C., C. J. (2000). La eficiencia energética en la competitividad de las empresas, Cienfuegos.
- CARDET GONZÁLEZ, E. (2004). Estudio y análisis del sistema eléctrico de la Empresa de envases de Aluminio de Holguín. Darío Rodríguez Piña. Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2004.
- CASAS FERNANDEZ, L. (2006). Temas Especiales de sistemas Eléctricos Industriales.
- Electric, G. (2004). Capacitors, Arresters and Harmonic Filters.
- energía., C. N. p. e. a. d. (2010). Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética.
- FEODOROV, A. A. (2004). Suministro Eléctrico de Empresas Industriales. 2 ed. La Habana. Editorial Pueblo y Educación, 1993.
- Fernández, P. J. F. (2006). La problemática del consumo de agua en la industria azucarera.
- FERNÁNDEZ PUERTA, J. F. (2002). La problemática del consumo de agua en la industria azucarera.
- Minas, o. y. p. d. a. p. l. c. d. e. c. b. c. e. l. c. a., [s.l]. [s.n], [s.a]. (2006).
- Ministerio de economía, i. d. d. d. e. (2000).
- MOA., G. D. E. E. D. (2001). Diagnóstico Energético en el Hotel LTI Costa Verde Beach Resort, 2001.
- Nordelo, B. (2006). Libro de Gestión Energética en el sector Productivo y los Servicios. Cienfuegos: Centro de estudios de energía y medio ambiente (CEEMA).
- RESTREPO, V. H., Á. (2008). Memorias del diplomado Gestión Total Eficiente de la Energía.
- Reyes, C. (2008). Estudio de la eficiencia energética de las empresas azucareras y su impacto en el redimensionamiento industrial. .
- RONDÓN, G. (2001). Base de datos de medida de eficiencia energética en los principales sectores de la economía Tolimense. .
- TAMAYO, E. (2010). Técnicas modernas en la conversión y conservación energética. .
- Universidad de Cienfuegos. (2002). La eficiencia energética en la competitividad de las empresas, Cienfuegos, 2000.
- VALOR, E. P., A.; MENEU, V. y CASELLES, V. (2001). «Consumo eléctrico y meteorología», Revista Española de Física, volumen 15, número 4, 2001.

Anexos:

ANEXO 1: Gestión y Eficiente de la Energía

ANEXO 2: Gestión total eficiente de la Energía

ANEXO 3: Tabla de buscar el Factor K para el Cálculo de los Bancos de Condensadores.

ANEXO 4: Resultado de las mediciones realizadas en el Taller de Maquinado con un Luxómetro.

ANEXO 5: Tablas utilizadas en el cálculo del Sistema de Aire Comprimido.

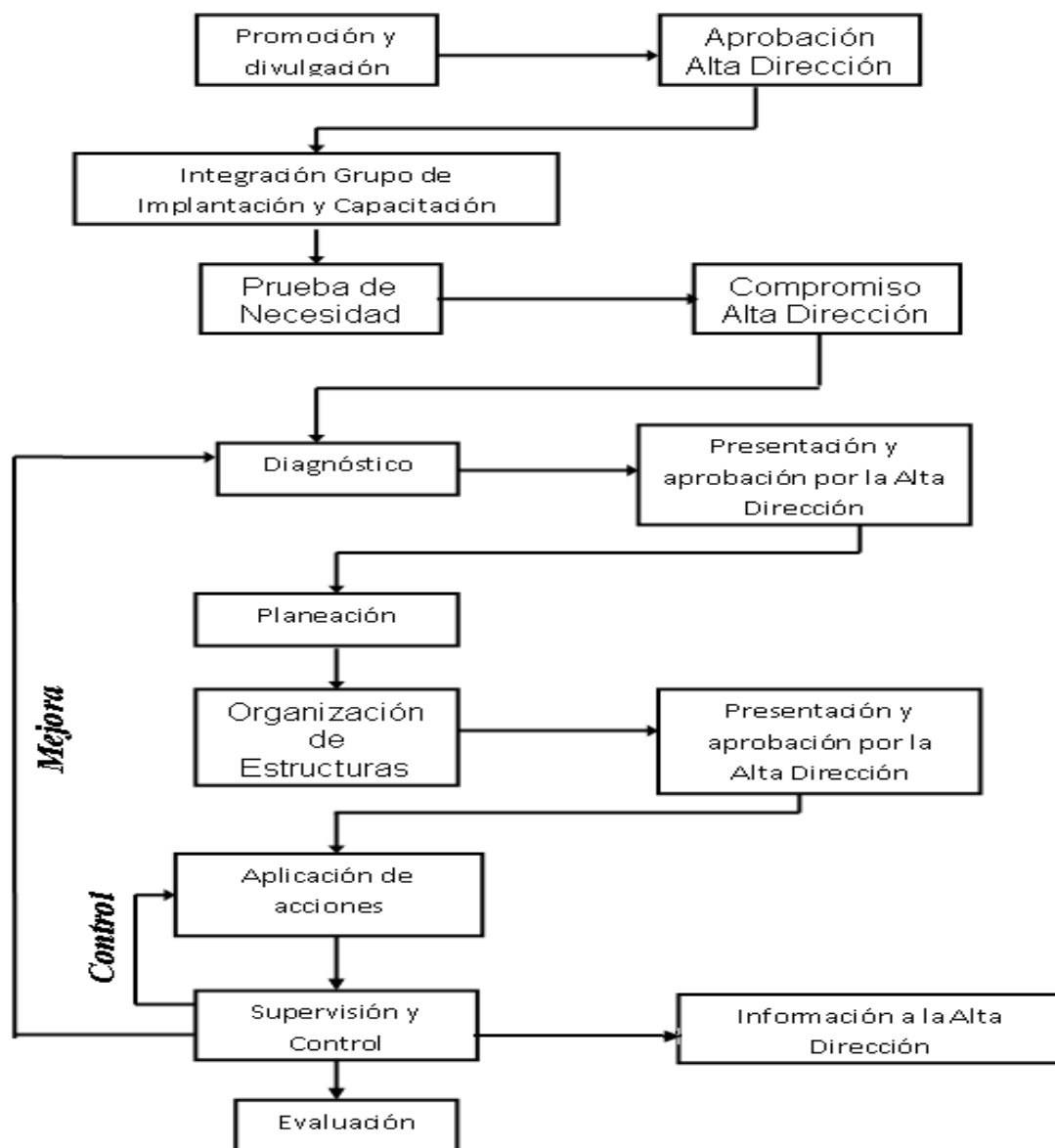
ANEXO 6: Tablas utilizadas en el cálculo de las pérdidas por transformación.

ANEXO 7: Nomograma de Wrede.

ANEXO 8: Base de datos de mediciones

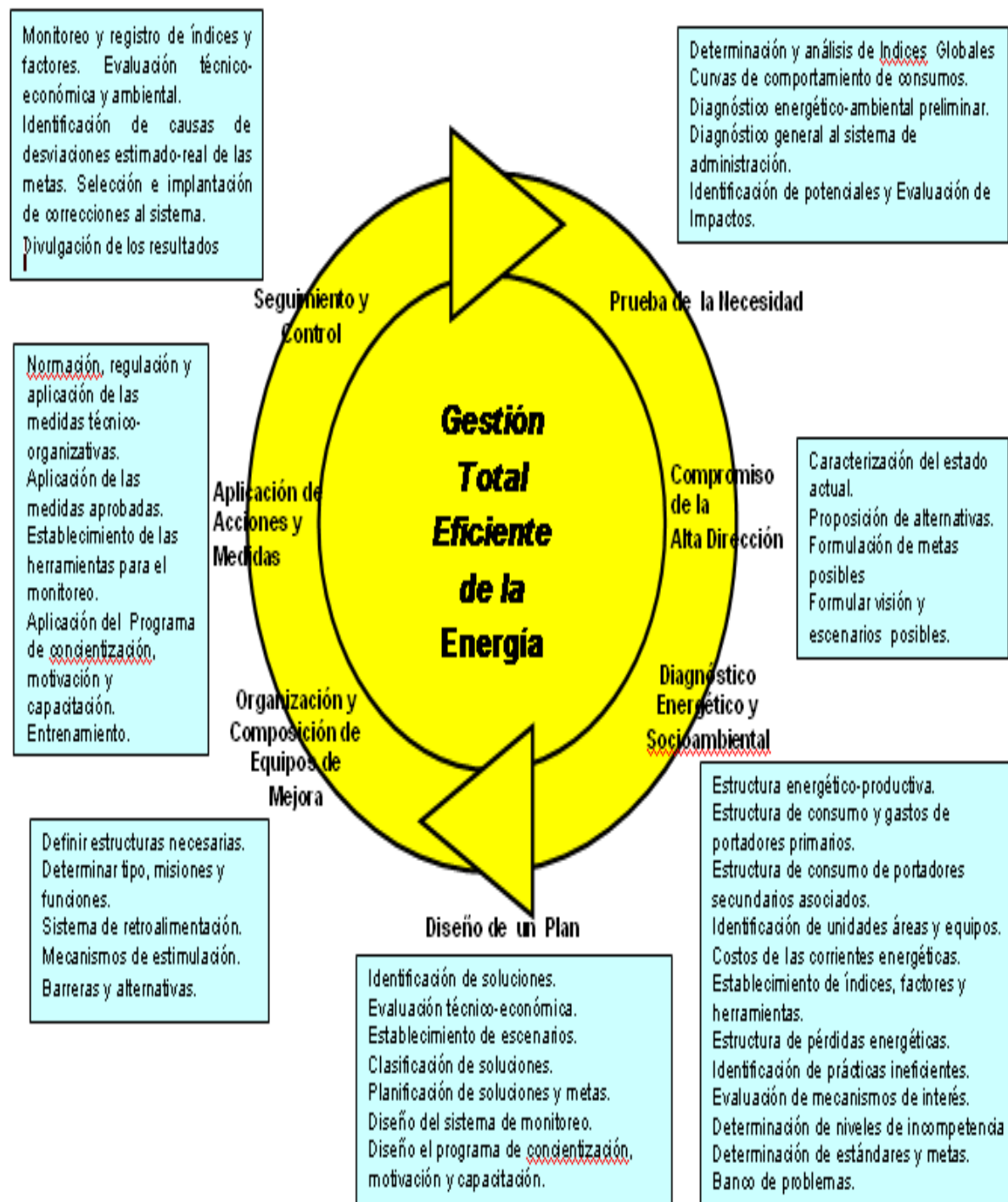
ANEXO 9: Tabla de penalizaciones por bajo factor de potencia al UEB Fernando de Dios

ANEXO 1: Gestión y Eficiente de la Energía



ANEXO 2: Gestión total eficiente de la Energía

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso



ANEXO 3: Tabla de buscar el Factor K para el Cálculo de los Bancos de Condensadores.

FACTOR DE POTENCIA ORIGINAL ($\cos\phi_1$)	FACTOR DE POTENCIA QUE SE DESEA ($\cos\phi_2$)										
	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90
0.65	1.169	1.027	0.966	0.919	0.877	0.840	0.806	0.774	0.743	0.714	0.685
0.66	1.138	0.996	0.935	0.888	0.847	0.810	0.775	0.743	0.712	0.683	0.654
0.67	1.108	0.966	0.905	0.857	0.816	0.779	0.745	0.713	0.682	0.652	0.624
0.68	1.078	0.936	0.875	0.828	0.787	0.750	0.715	0.683	0.652	0.623	0.594
0.69	1.049	0.907	0.846	0.798	0.757	0.720	0.686	0.654	0.623	0.593	0.565
0.70	1.020	0.878	0.817	0.770	0.729	0.692	0.657	0.625	0.594	0.565	0.536
0.71	0.992	0.849	0.789	0.741	0.700	0.663	0.629	0.597	0.566	0.536	0.508
0.72	0.964	0.821	0.761	0.713	0.672	0.635	0.601	0.569	0.538	0.508	0.480
0.73	0.936	0.794	0.733	0.686	0.645	0.608	0.573	0.541	0.510	0.481	0.452
0.74	0.909	0.766	0.706	0.658	0.617	0.580	0.546	0.514	0.483	0.453	0.425
0.75	0.882	0.739	0.679	0.631	0.590	0.553	0.519	0.487	0.456	0.426	0.398
0.76	0.855	0.713	0.652	0.605	0.563	0.526	0.492	0.460	0.429	0.400	0.371
0.77	0.829	0.686	0.626	0.578	0.537	0.500	0.466	0.433	0.403	0.373	0.344
0.78	0.802	0.660	0.599	0.552	0.511	0.474	0.439	0.407	0.376	0.347	0.318
0.79	0.776	0.634	0.573	0.525	0.484	0.447	0.413	0.381	0.350	0.320	0.292
0.80	0.750	0.608	0.547	0.499	0.458	0.421	0.387	0.355	0.324	0.294	0.266
0.81	0.724	0.581	0.521	0.473	0.432	0.395	0.361	0.329	0.298	0.268	0.240
0.82	0.698	0.556	0.495	0.447	0.406	0.369	0.335	0.303	0.272	0.242	0.214
0.83	0.672	0.530	0.469	0.421	0.380	0.343	0.309	0.277	0.246	0.216	0.188
0.84	0.646	0.503	0.443	0.395	0.354	0.317	0.283	0.251	0.220	0.190	0.162
0.85	0.620	0.477	0.417	0.369	0.328	0.291	0.257	0.225	0.194	0.164	0.135
0.86	0.593	0.451	0.390	0.343	0.302	0.265	0.230	0.198	0.167	0.138	0.109

0.87	0.567	0.424	0.364	0.316	0.275	0.238	0.204	0.172	0.141	0.111	0.082
0.88	0.540	0.397	0.337	0.289	0.248	0.211	0.177	0.145	0.114	0.084	0.055
0.89	0.512	0.370	0.309	0.262	0.221	0.184	0.149	0.117	0.086	0.057	0.028
0.90	0.484	0.342	0.281	0.234	0.193	0.156	0.121	0.089	0.058	0.029	-
0.91	0.456	0.313	0.253	0.205	0.164	0.127	0.093	0.060	0.030	-	-
0.92	0.426	0.284	0.223	0.175	0.134	0.097	0.063	0.031	-	-	-
0.93	0.395	0.253	0.192	0.145	0.104	0.067	0.032	-	-	-	-
0.94	0.363	0.220	0.160	0.112	0.071	0.034	-	-	-	-	-
0.95	0.329	0.186	0.126	0.078	0.037	-	-	-	-	-	-
0.96	0.292	0.149	0.089	0.041	-	-	-	-	-	-	-
0.97	0.251	0.108	0.048	-	-	-	-	-	-	-	-
0.98	0.203	0.061	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.99	0.142	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO 4: Resultado de las mediciones realizadas en el Taller de Maquinado con un Luxómetro.

Puestos de trabajo	Niveles de iluminación Con el sistema encendido (LUX)	Niveles de iluminación Con el sistema apagado (LUX)
Taladro	300	300
Torno 1	370	340
Torno 2	340	313
Torno 3	300	253
Cepillo	150	160

ANEXO 5: Tablas utilizadas en el cálculo del Sistema de Aire Comprimido.

Tabla para determinar (Ga)

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso

Diámetro del Agujero (mm)	Presión del aire (kg/cm²)					
	2	3	4	5	6	7
4	0.45	0.6	0.75	0.9	1.0	1.5
5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.6	2.0
6	1.0	1.3	1.9	2.0	2.3	2.8
8	1.7	2.4	3.0	3.6	4.1	4.5
10	2.7	3.7	4.6	5.5	6.4	7.0
12	4.0	5.3	6.7	8.1	9.3	10.1
13	5.4	7.2	9.0	11.1	12.6	13.0
15	6.2	8.3	10.3	12.4	14.5	16.6

Tabla para determinar (Eae)

Presión de aire (kg/cm ²)	Consumo específico (Eae) (kWh/m ³)
2	0.05
3	0.064
4	0.075
5	0.087
6	0.098
7	0.125

ANEXO 6: Tablas utilizadas en el cálculo de las pérdidas por transformación.

Pérdidas promedio de Transformadores Monofásicos.

kVA	Pfe(kW)	Pcu(kW)
5	0,046	0,107
10	0,065	0,180
15	0,084	0,251
25	0,115	0,389
37,5	0,162	0,487
50	0,199	0,626
75	0,269	0,882
100	0,332	1,185
167	0,482	1,893
250	0,660	2,802
333	0,83	3,587

Pérdidas promedio de Transformadores Trifásicos.

kVA	Pcu(kW)	Pfe(kW)
25	0,553	0,230
37,5	0,718	0,259
40	0,860	0,263
50	1,125	0,268
63	1,170	0,285
75	1,306	0,443
100	1,771	0,468
150	2,218	0,813
200	2,738	1,143
300	4,206	1,349
400	5,803	1,457
500	6,883	1,484
630	7,736	1,531
750	9,925	2,237
800	10,340	2,300
1000	11,115	2,594
1250	15,520	2,705
1600	16,587	3,174
2000	23,95	3,649
2500	23,100	5,175
3200	37,000	11,500
10000	65000	14,500

25000	120000	27000
-------	--------	-------

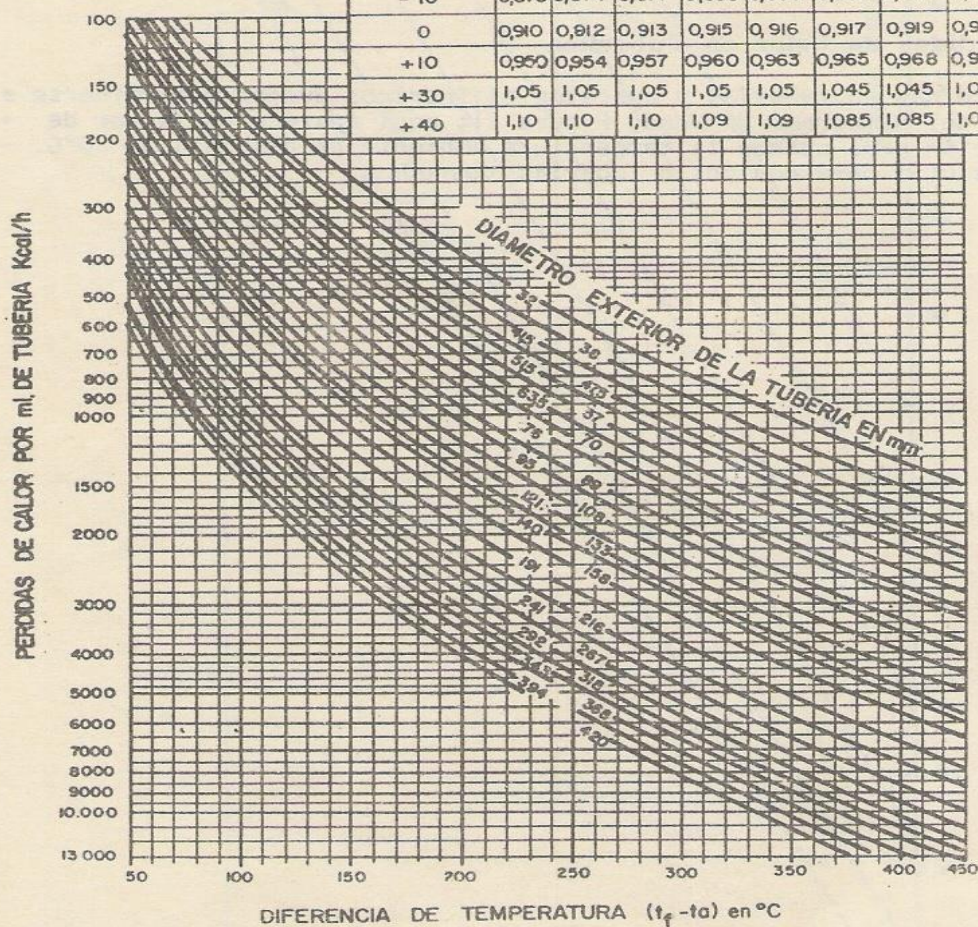
ANEXO 7: Nomograma de Wrede.

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso

FIGURA 11. Nomograma de Wrede.

FACTOR POR EL CUAL SE DEBE MULTIPLICAR LA PERDIDA DE CALOR PARA TEMPERATURAS AMBIENTES DIFERENTES DE 20°C

TEMPERATURA DEL AIRE EN °C	DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL FLUIDO Y EL AIRE AMBIENTE EN °C								
	50	100	150	200	250	300	350	400	450
- 10	0,870	0,874	0,877	0,880	0,883	0,885	0,887	0,890	0,892
0	0,910	0,912	0,913	0,915	0,916	0,917	0,919	0,920	0,921
+ 10	0,950	0,954	0,957	0,960	0,963	0,965	0,968	0,970	0,972
+ 30	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,045	1,045	1,04	1,04
+ 40	1,10	1,10	1,10	1,09	1,09	1,085	1,085	1,08	1,08



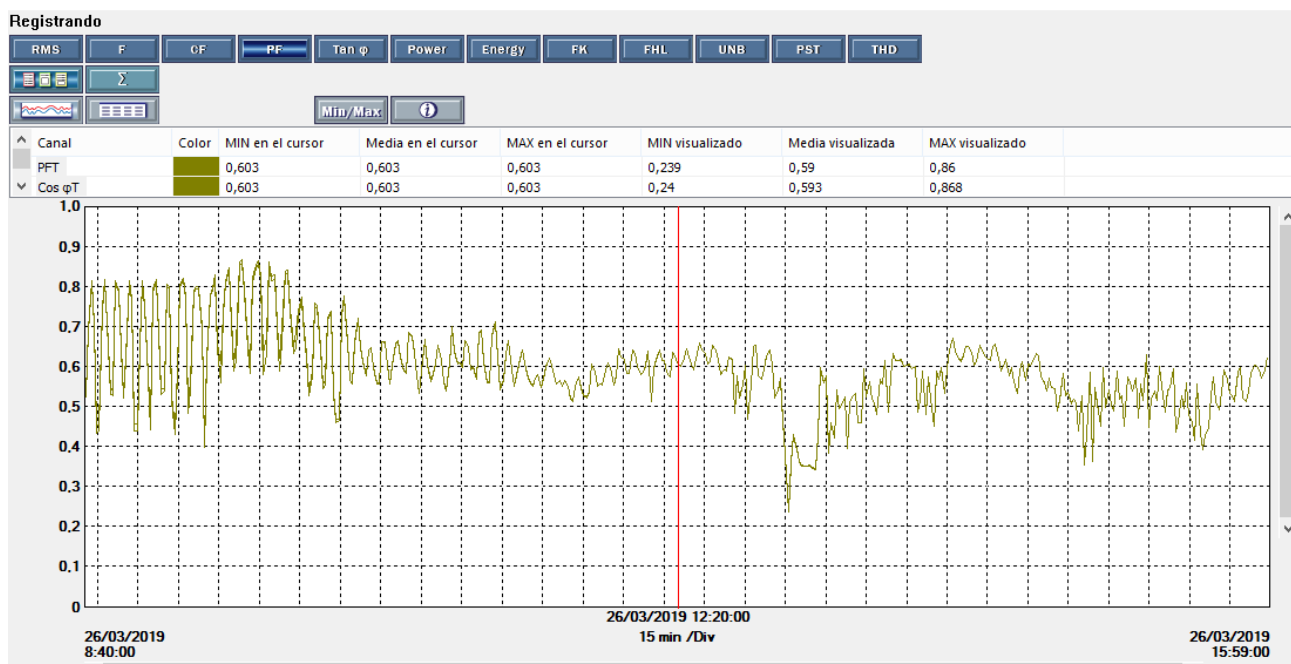
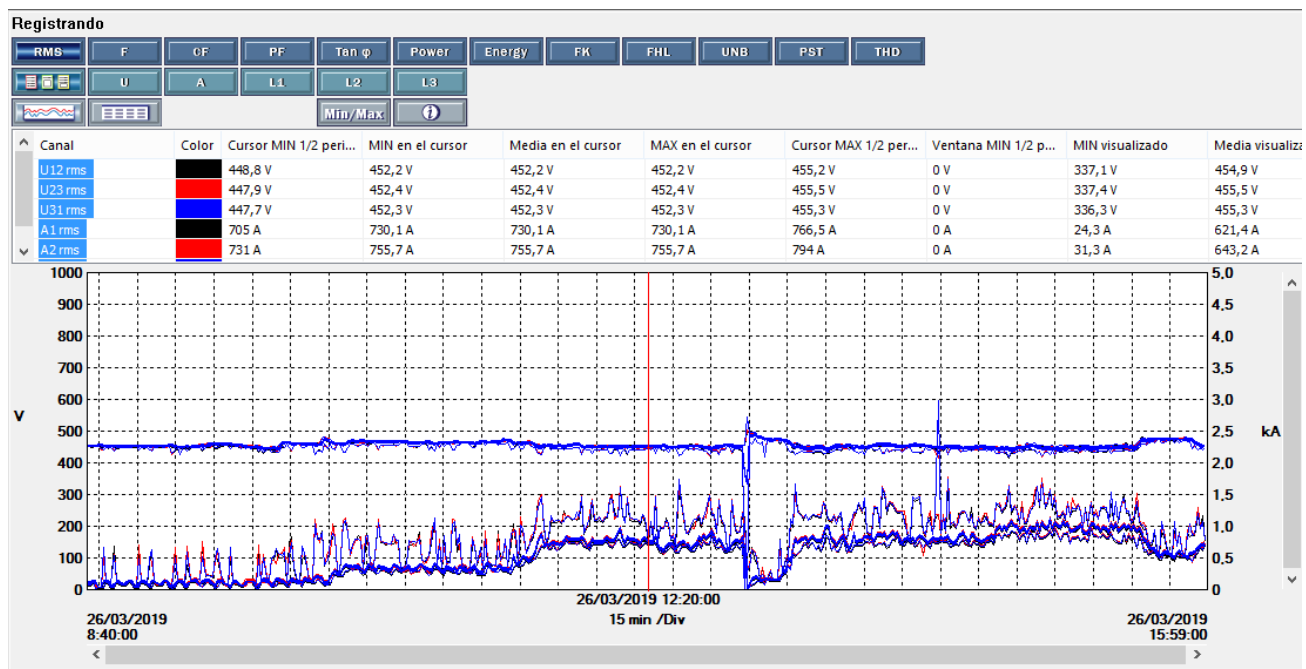
* Figura recogida del folleto "El aislamiento térmico en la industria" publicado por Cristalería Española.

ANEXO 8: Mediciones

Autor: Oscar Alexander Luciano Alonso

Fecha:	Hora:	U12 rms MIN 1/2 periodo	U12 rms	U12 rms MAX 1/2 periodo	U23 rms MIN 1/2 periodo	U23 rms	U23 rms MAX 1/2 periodo	U31 rms MIN 1/2 periodo	U31 rms	U31 rms MAX 1/2 periodo	A1 rms MIN 1/2
		V	V	V	V	V	V	V	V	V	A
20/02/2019	9:00:00		450,7	476,6		497,6	450,1	475,9		497,1	497,2
20/02/2019	9:10:00		457,3	475,8		482,5	456,3	475,1		481,6	481,7
20/02/2019	9:20:00		452	469,9		478,2	451	469,3		477,7	477,9
20/02/2019	9:30:00		442	469		478	440,3	468,5		477,7	477,7
20/02/2019	9:40:00		440,8	464,7		470,1	441,9	464,2		470	470,1
20/02/2019	9:50:00		435,4	464		471,5	435,8	463,4		470,8	470,9
20/02/2019	10:00:00		437,3	468,9		476,7	436,6	468,2		476	476
20/02/2019	10:10:00		439,9	467,1		478,2	439,5	466,6		477,3	477,3
20/02/2019	10:20:00		447,9	464,2		476,8	446,1	463,9		475,2	474,1
20/02/2019	10:30:00		443,1	475,9		488,6	442,7	475,3		487,9	488,1
20/02/2019	10:40:00		472	483		488	471,9	482,5		487,4	487,6
20/02/2019	10:50:00		453,4	471,9		487,2	454,6	471,7		485,8	486
20/02/2019	11:00:00		446,7	461,6		473,8	445,6	461,6		473,9	473,9
20/02/2019	11:10:00		444,3	465,5		475,9	444,6	465,1		475,7	475,7
20/02/2019	11:20:00		451,9	470,4		483,3	452,3	469,8		482,8	482,7
20/02/2019	11:30:00		446,9	465,8		476	446,2	465,6		475,6	476,4
20/02/2019	11:40:00		439	467,2		481,9	439,1	467,3		481,8	482,6
20/02/2019	11:50:00		443,5	465,4		474,1	444,5	465,6		474,4	475,1
20/02/2019	12:00:00		436,8	456		472	438,4	456,2		471,6	472,7
20/02/2019	12:10:00		443	458		469,7	444,3	458		469,9	468,9
20/02/2019	12:20:00		437,4	451,1		467,2	437,4	451,1		467,2	467
20/02/2019	12:30:00		439,6	467		480,8	439,7	466,7		480,5	480,9
20/02/2019	12:40:00		460,5	475,8		482,1	460	475,3		481,6	482,1
20/02/2019	12:50:00		446,1	470,7		480	447,1	470,2		479,7	480,2
20/02/2019	13:00:00		465,3	484,7		490,5	466	483,9		490,1	490,6

Aunb (IEEE 112)	Pst1	Pst2	Pst3	FHL1	FHL2	FHL3	FK1	FK2	FK3	PT (W)	QT (var)	ST (VA)	DT (var)	PFT	Cos φT	Tan φT	U12 THDf	U23 THDf	U31 THDf	A1 THDf	A2 THDf	A3 THDf
%										W	var	VA	var				% f	% f	% f	% f	% f	% f
4,5	---	---	---	1,4	1,37	1,34	1	1	1	114091,1641	133805,9531	179163,0938	22499,22656	0,63	0,641	1,214	3,7	3,7	3,6	7,6	7,2	7
6	1,4	1,4	1,3	1,08	1,05	1,06	1	1	1	81556,84375	115336,6172	142560,5	12602,50488	0,56	0,566	1,489	2	2	2,1	4,6	3,9	4,3
2,5	1,3	1,2	0,9	1,06	1,06	1,06	1	1	1	169598,4844	255375,6094	308110,875	20055,92578	0,55	0,551	1,522	2,3	2,4	2,4	2,8	3	2,9
2,5	1	1	0,9	1,06	1,08	1,08	1	1	1	175590,875	263198,1563	318132,25	20247,96484	0,55	0,551	1,526	2,4	2,5	2,4	2,9	3,2	3,3
2,6	1	1	1	1,06	1,07	1,08	1	1	1	171993,3438	252256,5156	306574,8438	19057,72852	0,56	0,562	1,479	2,4	2,5	2,4	3	3,2	3,2
2,4	1,1	1,1	1,2	1,07	1,08	1,09	1	1	1	178890,5	257601,3906	315023	18799,09375	0,57	0,567	1,463	2,5	2,6	2,5	3,1	3,3	3,5
2,4	1,1	1	1	1,06	1,07	1,08	1	1	1	184641,6875	271087	329837,5	20324,87891	0,55	0,556	1,512	2,4	2,5	2,4	3,3	3,4	3,6
2,3	1,1	1,1	1,1	1,55	1,54	1,52	1	1	1	216906,8281	350525,25	415644,9063	36001,21484	0,53	0,529	1,638	3,1	3,2	3,1	5,6	5,5	5,6
2,6	1	1	1	1,98	1,99	2	1	1	1	227266,4688	392092,75	465035,0938	54312,64844	0,49	0,496	2,039	3,7	3,9	3,7	10,1	10	10,2
3,9	0,9	0,8	0,8	2,89	2,75	2,81	1	1	1	194013,2188	189118,1094	276205,6563	33603,94531	0,72	0,731	0,942	3	3,1	3,1	11,7	11,2	11,5
6,2	0,9	0,8	0,8	5,48	4,94	5,19	1,1	1,1	1,1	160212,7656	89680,04688	188982,3125	40527,03125	0,85	0,872	0,558	3	3,1	3,1	21,4	19,8	20,7
3,2	0,5	0,6	0,6	2,6	2,48	2,52	1	1	1	236493,3438	329399,9375	419000,5	62482,14844	0,57	0,573	1,645	3,5	3,5	3,5	14,7	14,1	14,6
2,7	0,6	0,6	0,6	1,83	1,77	1,74	1	1	1	309648,3125	410429,8125	524297,8125	57611,63672	0,59	0,589	1,531	3,5	3,6	3,5	9,8	9,5	9,6
1,9	0,7	0,7	0,7	1,99	1,98	1,96	1	1	1	301006,0938	394756,125	505430,25	57984,34375	0,59	0,598	1,417	3,6	3,7	3,6	10,2	10,1	10,2
2	1	1	1	2,1	2,1	2,1	1	1	1	291524,4063	364069,6625	476796,6563	58312,21484	0,61	0,611	1,396	3,5	3,6	3,5	10,8	10,8	11
1,6	0,9	0,9	0,9	1,95	2,02	1,96	1	1	1	304732,5313	359105,1563	478248,875	52943,03906	0,64	0,643	1,228	3,5	3,6	3,4	9,7	10	9,9
1,9	0,7	1	1	1,94	1,96	1,88	1	1	1	301375,5938	395609,1563	506983,1563	60293,54688	0,59	0,594	1,445	3,5	3,6	3,5	10,3	10,4	10,1
1,8	1,2	1,1	1,1	1,78	1,84	1,75	1	1	1	324258,375	407497,1875	528533,25	56513,23047	0,61	0,614	1,33	3,5	3,6	3,4	9,2	9,5	9,1
2,1	0,9	0,9	0,9	2,07	2,13	2,03	1	1	1	293009,875	366839,375	478999,75	58105,01563	0,6	0,608	1,408	3,7	3,9	3,7	11	11,3	10,9
2,1	0,7	0,7	0,7	1,97	1,95	1,91	1	1	1	301064,0625	407991,3438	518391,9688	60249,22266	0,58	0,58	1,656	3,7	3,8	3,7	10,7	10,6	10,6
2,1	0,7	0,7	0,7	1,96	1,95	1,93	1	1	1	289329,3438	408936,6563	511912,7188	60885,44141	0,56	0,563	1,617	3,9	4	3,8	10,8	10,9	10,9
3	0,7	0,7	0,7	4,08	3,74	3,85	1,1	1,1	1,1	222654,9375	239095,0156	347670,3438	58211,29688	0,69	0,701	1,199	3,7	3,7	3,7	18,4	17,4	17,7
4,5	0,6	0,7	0,7	4,61	4,07	4,17	1,1	1,1	1,1	194246,1094	109422,4297	230251,6094	43056,58594	0,86	0,881	0,532	3,3	3,3	3,4	19,9	18,2	18,4
2,6	0,6	0,6	0,6	3,62	3,45	3,39	1,1	1,1	1,1	197626,2813	247634	330984,125	60175,12891	0,62	0,63	1,355	3,6	3,6	3,6	18	17,3	17,4
5,2	0,6	0,6	0,6	12,6	11,5	10,8	1,2	1,2	1,2	108270,7344	55682,46875	147448,2031	49809,72266	0,8	0,865	0,727	3,4	3,5	3,6	41,1	38	37



ANEXO 9: Tabla de penalizaciones por bajo factor de potencia a la UEB Central Azucarero Fernando de Dios.

SECCIÓN D	IMPORTE DE PENALIZ (\$)	IMPORTE DE BONIFIC. (\$)	F.P. LEÍDO	< 0,90
Enero	-	1.131,47	0,93	
Febrero	16.761,48	-	0,70	X
Marzo	15.338,96	-	0,73	X
Abril	10.901,03	-	0,79	X
Mayo	-	-	0,91	
Junio	823,80	-	0,86	X
Julio	4.363,65	-	0,60	X
Agosto	-	-	0,91	
Septiembre	1.128,95	-	0,82	X
Octubre	271,71	-	0,88	X
Noviembre	-	211,35	0,94	
Diciembre	-	-	0,91	
TOTAL	49.589,58	1.342,82		

