



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINEROMETALÚRGICO
"Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMÉNEZ"
FACULTAD DE METALURGIA ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Diploma

En opción al Título de

Ingeniero Eléctrico

**Título: Sistema Total de Gestión Energética en el CAI
Loynaz Hechavarría.**

Autor: Yoel Hernández Rojas

Tutor: MSc. Gabriel Hernández Ramírez

Ing. Cesar Sarmiento Avila

Moa 2010

Año 52 de la Revolución.

Declaración del autor:

Yo:

Diplomante: *Yoel Hernández Rojas*

Y

Tutor: *MSc. Gabriel Hernández Ramírez*

Autor de este Trabajo de Diploma titulado:

Sistema Total de Gestión Energética en el CAI Loynaz Hechavarría.

Certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico (ISMM) de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime necesaria.

Diplomante.

Yoel Hernández Rojas

Tutor.

Msc. Gabriel Hernández
Ramírez.

Autor: *Yoel Hernández Rojas*

Pensamiento:

“La mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas y por regla general pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos”.

Albert Einstein

Dedicatoria:

Dedico este trabajo, con mucho amor y cariño, a mis Padres Luisa Lidia Rojas Vidal y Yovani Hernández Martínez por brindarme siempre su apoyo incondicional, bajo cualquier circunstancia y por siempre confiar en que podía construir mi futuro.....

A mis abuelos que aunque algunos de ellos no estén presentes en este momento, merecen ser recordados.....

- *A mis tías y tíos por apoyarme en el transcurso de la carrera en todo lo que me hizo falta.....*
- *A mi Hermana y a mis sobrinas, por ayudarme y tenerme siempre presente en todo momento, aunque estén lejos de mí.....*
- *A mi tutor Gabriel, por tener en mí esa confianza que siempre me brindó.....*
- *A mis amigos Orlay Martínez Proenza, Alfredo Pérez Barea y demás compañeros de aula que me apoyaron en el transcurso de la carrera.....*
- *A todas las personas que de una forma u otra han tenido confianza en mí y me han apoyado.*

Agradecimientos:

Agradecer es, expresar con pocas palabras, lo bien que se siente uno con todo lo bueno que ha podido lograr en la vida al ser agradecido con aquel que te tendió la mano en los momentos buenos y malos y ha los que de una forma u otra, han colaborado en la realización de este trabajo.

- *A mis padres y a mi hermana por su apoyo, dedicación y sacrificios hechos.*
- *A toda mi familia que siempre me ha apoyado y ha tenido confianza en mí....*
- *A mi tutor Gabriel, por depositar toda su confianza en mí para realizar esta investigación.....*
- *A todos mis compañeros de aula.....*
- *A todo el personal eléctrico del CAI, en especial, al Energético de la empresa Ricardo Vargas Cruz, por su colaboración en todo los momentos.....*

- *A todo el equipo de Supervisores de la Empresa Eléctrica de Holguín por su apoyo incondicional en especial a Adrián, a Luís Enrique Córdova Lorenzo y a Nelson Pazo Rebollido.....*
- *A todos aquellos, que de una forma u otra, han hecho posible la realización de este trabajo, aunque no los mencione a todos, les estaré eternamente agradecido por su gran colaboración.....*

A todos Muchas Gracias

Resumen:

El trabajo se realizó en la Empresa Azucarera Loynaz Hechavarría en la provincia de Holguín, en el municipio de Cueto, y el objetivo fundamental es establecer un Sistema de Gestión Eficiente de La Energía, que permita reducir el consumo de portadores energéticos, así como incrementar el índice neto de entrega de energía eléctrica al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) y el posterior seguimiento en zafras futuras. Se realizó las estructuras de consumo energético para las fuentes de energía no renovables, se determinaron las áreas donde se concentran los mayores consumos para cada uno de los portadores energéticos, así como los equipos mayores consumidores. Se determinaron los puestos claves y los operadores asociados a estos puestos claves que deciden la eficiencia energética de la empresa azucarera.

Se aplicaron un grupo de herramientas, además de las estructuras de consumo en toneladas de combustible convencional (TCC), estructura de costos por portadores energéticos, factura total de electricidad, factura pagada en horario pico y factor de potencia, gráficos de tendencia de energía y producción en el tiempo, energía contra producción y contra caña molida, así como los índices de consumo energético contra caña molida producida.

Summary:

The work was carried out in the Sugar Enterprise Loynaz Hechavarría, in the province of Holguín, in the municipality of Cueto, and the fundamental objective is to establish an Efficient Administration Energy System that allows to reduce the consumption of energy in conventional energy sources as well as to increase the net index of electric power delivery to the national electro energetic system (SENNA) and the later pursuit in future harvests. A structure of energy consumption for the renewable and non-renewable energy sources was carried out, the areas where there is a concentration of the biggest consumptions for each one of the conventional energy sources were determined. As well as the biggest consuming equipment, the main positions and the operators associated to these main positions were determined that decide the energy efficiency of the sugar company.

A group tools, besides the consumption structures in tons of conventional fuel were applied (TCC), costs structure for energy payees, total bills of electricity, bills paid in peek schedule and power factor, graphics of energy tendency and production in time, energy against production and against ground cane, as well as the indexes of energy consumption against produced ground cane.

Índice:

Resumen:	VI
Summary:	VII
Introducción:	1
CAPÍTULO 1. NOCIONES GENERALES PARA LA EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA.	4
1.1- Introducción:	4
1.2 Actualidad:	4
1.3 Estado del arte:.....	5
1.4 Nociones generales de La Gestión Energética:	7
1.4.1 Funciones de un Sistema de Gestión Energética:	8
1.4.2 Etapas en la implantación de un sistema de gestión energética:	8
1.4.3 Errores que se cometen en La Gestión Energética:	8
1.4.4 Gestión total eficiente de la energía:.....	9
1.4.5 La tecnología de Gestión total eficiente de la energía:	10
1.4.6 Los conceptos siguientes son básicos para una buena comprensión de la eficiencia energética.	11
1.5 Herramientas que se utilizan para establecer un sistema de gestión energética:	11
1.5.1 Diagramas de Pareto:	11
1.5.2 Histograma:	12
1.5.3 Intensidad energética:.....	13
1.5.4 El diagrama causa y efecto:.....	14
1.5.5 Diagrama de dispersión:	14
1.5.6 Estratificación:	15
1.5.7 Gráfico de control:.....	15
1.6 Factor de potencia:	16
1.7 Pérdidas por transformación:.....	19
1.7.1 Facturación eléctrica:	20
1.8 Índice de Consumo: Unidades de producto terminado por unidad de energía consumida.	21

1.9 Conclusiones:	22
CAPÍTULO 2: DETERMINACIÓN DE LAS REGULARIDADES DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA.	23
Introducción:	23
2.1 Descripción del CAI:	23
2.2 Flujograma de los portadores energéticos:.....	24
2.2.1 Registro histórico de Producción y Energía:	26
2.2.2 Comportamiento del consumo anual de los portadores energéticos:	27
2.2.3 Importe de los portadores de los tres últimos años:.....	28
2.2.4 Gastos de los costos fijos:	31
2.2.5 Comportamiento del consumo de energía anual:	31
2.2.6 Índice de consumo de electricidad:.....	33
2.3 Sistema de Suministro Eléctrico:	35
2.4 Levantamiento de cargas instaladas:.....	36
2.5 Análisis de la facturación eléctrica:.....	38
2.6 Demanda Convenida del CAI:	39
2.7 Demanda real leída:.....	41
2.7.1 Consumo de energía en los tres momentos del día.....	41
2.7.2 Consumo de energía activa y reactiva del año completo durante el día:.....	43
2.8 Análisis al comportamiento del factor de potencia en el CAI en el transcurso del año: ..	44
2.8.1 Penalización por Factor de potencia:	45
2.8.2 Bonificación por el factor de potencia:	46
2.9 Análisis de las mediciones eléctricas realizadas:	47
2.10 El CAI como sistema:.....	47
2.11 Comportamiento de la pot. P (kW) pot. .Q (kVAR) en el sistema:.....	49
2.12 Comportamiento del factor de potencia en los centros de cargas:	50
2.13 Deficiencias detectadas en el CAI:	53
2.14 Conclusiones:	54
CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN EN EL CAI LOYNAS HECHAVARRÍA.....	55
Introducción:	55

3.1 Evaluación del sistema de iluminación:	55
3.2 Cálculo de las pérdidas por transformación en el transformador:	57
3.3 Característica del Bagazo y la caldera:.....	58
3.4 Oportunidades de ahorro potenciales por el mejoramiento de factor de potencia:	62
3.5 Oportunidades de ahorro potenciales por la contratación de la demanda:	63
3.6 Análisis del consumo de Agua:	65
3.7 Principales oportunidades de beneficios detectadas:	66
3.8 Diagnóstico energético:	66
3.9 Establecimiento de los puestos claves, índice de consumo:	67
3.10 Propuesta de las medidas organizativas para mejorar la eficiencia energética del CAI:67	
3.11 Análisis de la matriz DAFO.	68
3.12 Medidas organizativas:	69
3.13 Medidas de pequeña inversión:	70
3.14 Medidas de mediana inversión:	70
3.15 Cálculo del Banco de condensadores:.....	71
3.16 Valoración económica:.....	75
3.17 Las de medida de Ahorro de La Empresa:	77
3.18 Conclusiones:	79
<i>Recomendaciones:</i>	80
<i>Conclusiones Generales:</i>	81
<i>Bibliografía:</i>	83
Referencias de anexos:	85
<i>Anexos:</i>	86

Introducción:

Hasta los días de hoy y desafortunadamente, de un futuro no tan cercano, el 80% de las necesidades energéticas de nuestro planeta son satisfechas con la utilización de combustibles fósiles (Petróleo, Gas, Carbón). Todos ellos extinguidos, fuertemente contaminantes y utilizados en forma ineficiente, por el interés predominante de la producción de energía sobre su efecto ecológico.

Las 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. Ellas se ven limitadas 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 lluvia ácida, 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.

Cuba, con pobres reservas de combustibles fósiles, está obligada a trabajar de forma sistemática al 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, lo que permitió 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.

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.

Su importancia estratégica se recoge en el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de energía, aprobado 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 al lograr su máxima sustitución por fuentes nacionales de energía.

Existe una serie de insuficiencias en los sistemas de gestión energética en el sector azucarero cubano, las que conllevan a la elevación relativa de los costos energéticos en respecto de sus ingresos.

Constituye, por tanto un problema científico, el hecho de que la industria azucarera en Cuba no cuente con un sistema de gestión energética efectivo, entre otras cosas, por no disponer de índices de eficiencia energética adecuados que posibiliten el monitoreo y control energéticos, lo que implica elevados costos energéticos al afectar 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 llevada a cabo por el Ministerio del Azúcar y por El 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, especialmente, en 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.

Dada la problemática antes planteada, se acuerda por el Ministro del Azúcar y por 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:

Debido al Sistema de Gestión Energética en la empresa Azucarera, no existe ningún tipo de sistematicidad en el control de los portadores energéticos, no están definidas las estrategias que permiten proponer un sistema de gestión, a partir de la situación actual, esto trae consigo:

- 1) Derroches de combustibles, aceites (lubricantes).
- 2) Uso ineficiente de la energía eléctrica.
- 3) Derroche de agua.

Hipótesis:

Si se establecen las principales causas y reservas del uso no eficiente de los portadores energéticos en el CAI Loynaz Hechavarría, entonces sería posible mejorar el sistema de gestión energética, y las oportunidades de ahorro.

Objetivo general:

A partir de la necesidad de control y el uso eficiente de los portadores energéticos como pilar fundamental para el desarrollo y sustento de la economía, la prestación de servicios y operación estable del Sistema Electroenergético Nacional, se traza el siguiente objetivo general:

- Analizar el control y el uso racional y eficiente de la Energía Eléctrica en las Instalaciones de la empresa.

Objetivos Específicos:

- Realizar una selección de las áreas, equipos y sistemas de mayor incidencia en el consumo de energía del centro, al determinar las posibles potencialidades de ahorro.
- Analizar el estado y la utilización de los sistemas de iluminación, así como el comportamiento de la eficiencia energética en Calderas, Planta de Tratamiento de Agua y Redes de Vapor y condensado.
- Proponer medidas técnicas organizativas para uso racional y eficiente de la Energía Eléctrica

CAPÍTULO 1. NOCIONES GENERALES PARA LA EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA.

1.1- Introducción:

La reducción de la demanda del consumo de la energía de los costos asociados con ellos y con las inversiones capitales en los equipos eléctricos utilizados en las instalaciones industriales y de servicios, resultan imprescindibles en la situación actual de la economía de nuestro país. Esta necesidad resulta potenciada por el impacto medioambiental de las tecnologías energéticas. Los análisis realizados en el CAI ponen de manifiesto el insuficiente nivel de gestión energética existente hasta el momento. El problema de explotar el recurso de eficiencia energética se ha visto de una forma muy limitada, fundamentalmente mediante la realización de diagnósticos energéticos para detectar áreas de oportunidad, y posteriormente definir medidas o proyectos de ahorro o conservación energética. Esta vía, además de obviar parte de las causas que provocan una baja eficiencia energética en las empresas, generalmente tiene reducida efectividad por realizarse, muchas veces, sin la integralidad, los procedimientos y el equipamiento requerido, por limitaciones financieras para aplicar los proyectos; pero, sobre todo, por no contar la empresa con la cultura ni con las capacidades técnico-administrativas necesarias para realizar el seguimiento y control requeridos y lograr un adecuado nivel de consolidación de las medidas aplicadas.

En el presente capítulo se desarrollarán temas que incluirán una breve reseña del estado del arte, se expondrán caracterizaciones de la empresa y del sistema de gestión energética existente, se llegarán a conclusiones a partir de la estructura de consumos de portadores energéticos del establecimiento.

1.2 Actualidad:

Sin lugar a dudas, el desarrollo de la infraestructura para la generación y consumo de la energía eléctrica cambió, para bien de la humanidad. Antes de su aparición, al iniciarse la

Revolución Industrial, el hombre ya había comenzado a multiplicar sus fuerzas por el uso de diversas fuentes de energía, que empleó inicialmente en la producción y aprovechamiento del vapor con fines industriales y de transporte, lo cual, indudablemente constituyó el despertar hacia lo que sería el uso, a gran escala, de la energía; pero estas primeras manifestaciones solo incidieron, de forma indirecta, en beneficio de la población. En la actualidad el consumo mundial de la energía eléctrica es del orden de 14,91 millones de GWh generados por plantas térmicas (80%), hidráulicas (15%), nucleares (4%), y de otros combustibles primarios (1,3%). Sin embargo, la distribución de estos consumos es muy desigual en diferentes partes del mundo, ya que mientras los países desarrollados consumen la mayor parte de la energía total, los más pobres tienen índices de consumo muy bajos. La presión sobre el uso de los recursos, en especial los energéticos y los hídricos, obliga a utilizarlos cada vez de manera más racional y eficiente. La tendencia al encarecimiento de la energía y al agotamiento de los recursos hídricos, está presionando social y económicamente a la humanidad. Los más afectados son los países con menos recursos, pues la presión no es proporcional al desarrollo económico.

El desarrollo actual y prospectivo del país requiere de acciones encaminadas a reducir costos, aumentar la competitividad de las empresas, contribuir a la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, ante una economía cada vez más abierta y globalizada.

1.3 Estado del arte:

En el período 1990-1993 con el derrumbe del campo socialista, el incremento del bloqueo y la crisis económica que comenzó a sufrir el país, repercutió en el sistema de gestión por la eficiencia energética establecida en nuestras industrias, existiendo un período de inestabilidad que tuvo que obviar gran parte del sistema de control e implementar nuevos mecanismos, muchas veces con carácter particular y no debidamente fundamentados que provocó un deterioro de los indicadores energéticos y económicos, a lo cual no escapó la industria azucarera.

El Proyecto de Gestión Eficiente de Energía (PGEE) es un sistema de gestión de la eficiencia energética a nivel empresarial que sirve para elevar la capacidad técnico -

organizativa y para lograr una administración eficiente de la energía y su impacto ambiental en las empresas mayores consumidoras de energía. Dentro de estos factores se pueden mencionar: el redimensionamiento y el perfeccionamiento de las empresas en función de las disponibilidades de mercado y de materias primas, la variación de las tarifas y de los costos de energía eléctrica al sector estatal, la ampliación del uso del crudo nacional, el deterioro del estado técnico del equipamiento, la modificación de las normas de consumo establecidas y de los indicadores de eficiencia, la reorientación que ha sufrido la economía para lograr su inserción en el mercado mundial, la necesidad de elevar continuamente la competitividad, el cambio de los sistemas de contabilidad, la modificación en los sistemas de planificación, basados en recursos materiales y los financieros, la modificación del sistema bancario, la introducción de los diferentes sistemas de estimulación que se aplican en varios sectores de la economía, la promulgación de la estrategia y la ley nacional ambiental.

La calidad de la gestión energética depende de los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento energético. El motor principal para la adopción de una medida o una práctica concreta es su impacto en el rendimiento energético. Unos resultados energéticos mediocres indican la existencia de puntos débiles o carencias en la gestión energética. Además, la evaluación de la gestión energética se basa en el sistema de comparaciones (**benchmarking**). (Colectivo de autores, España 2006).

Se han realizado varios trabajos sobre esta temática, (Fernández, Puerta Juan F, SA) se basan en los criterios de otros investigadores, donde se 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 este 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.

En Cuba (BORROTO 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. (BORROTO 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 se aprende a obtener la energía de forma económica y respetuosa con el medio ambiente, y por otra 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 de trabajo que ahorren energía, es lo más importante para lograr un auténtico desarrollo que se pueda llamar sostenible. (VIEGO FELIPE, 2007).

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 es sacar el mayor rendimiento posible a todos los portadores energéticos que son necesarios para una actividad empresarial, lo cual comprende:

- Optimizar la calidad de los portadores energéticos disponibles y su suministro.

- Disminuir el consumo de energía, manteniendo e incluso aumentando los niveles de producción o servicios.
- Obtener, de modo inmediato ahorros que no requieran inversiones apreciables.
- Lograr ahorros con inversiones rentables.
- Demostrar la posibilidad del ahorro energético de la empresa.
- Establecer un sistema metódico de contabilidad analítica energética en la empresa.

1.4.1 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 auditoria o diagnóstico y otro de consumo de portadores. (Colectivo de autores, SA)⁷, (Fernández, Puerta Juan F, SA)⁴ (. (Colectivo de autores, España 2006)³.

1.4.2 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).
- Debe señalarse que, erróneamente, en muchos casos la administración de energía se limita a un plan de medidas de ahorro de energía, no garantizándose el mejoramiento continuo.

1.4.3 Errores que se cometen en La Gestión Energética:

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

1.4.4 Gestión total eficiente de la energía:

Es un conjunto de acciones técnico-organizativas para administrar eficientemente la energía, que aplicadas de forma continua, con la filosofía de gestión total de la calidad, permiten establecer nuevos hábitos de dirección, de control y de evaluación del uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de conservación de la energía y de la reducción de sus costos.

La Gestión Energética va encaminada a lograr un uso más racional de la energía, que permita reducir el consumo de la misma sin perjuicios del confort, de la productividad, de la calidad de los servicios y sin deteriorar el nivel de vida. Puede considerarse como el mejor de los caminos para conseguir los objetivos de ahorro de energía ya sea desde el punto de vista de la propia empresa como a nivel nacional.

En la medida en que la situación energética se deteriora, se hace sentir la necesidad de que la energía sea considerada como un factor de costo que requiere especial atención. Durante años los precios se han duplicado debido a que el mundo se ha ido desarrollando y también se ha incrementado la demanda en varios sectores industriales y de servicios.

El sistema es capaz de identificar un número muy superior de medidas triviales y de baja inversión para la reducción de los costos energéticos. Entrena, capacita y organiza los recursos humanos que deciden la reducción de los consumos y gastos energéticos, creando una nueva cultura energética. Instala en la empresa procedimientos, herramientas y capacidades para su uso continuo y se compromete con su consolidación.

En la implementación de una gestión energética suele presentarse una serie de dificultades que pueden ser en general, la insuficiente especialización del personal técnico y la falta de conciencia de ahorro. Es de vital importancia y necesario que técnicos y operarios desarrollen un nivel de pertenencia del trabajo a realizar y aptitudes encaminadas a la búsqueda y puesta en práctica de nuevas soluciones, así como un buen nivel de conocimiento de estos para una satisfactoria asimilación de la tecnología. (SÁNCHEZ TORRES, 2003).

1.4.5 La tecnología de Gestión total eficiente de la energía:

Es una Tecnología para la administración eficiente de la energía, consistente en un paquete de procedimientos, herramientas técnico-organizativas y software especializado, que aplicados de forma continua, con la filosofía de la gestión total de la calidad, permiten establecer nuevos hábitos de dirección, de control, de diagnóstico y de uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa. Dentro de la tecnología incluye:

- La capacitación al Consejo de Dirección y especialistas en el uso de la energía.
- Establece un nuevo sistema de monitoreo, de evaluación, de control y de mejora continua del manejo de la energía.
- Identifica las oportunidades de conservación y el uso eficiente de la energía en la empresa.
- Propone, en orden de factibilidad, las medidas para el aprovechamiento de las oportunidades identificadas.
- Organiza y capacita a los trabajadores vinculados al consumo energético en hábitos de uso eficiente.
- Prepara a la empresa para autodiagnosticarse en eficiencia energética.
- Establece en la empresa las herramientas necesarias para el desarrollo y el perfeccionamiento continuo de la Tecnología.

1.4.6 Los conceptos siguientes son básicos para una buena comprensión de la eficiencia energética.

Eficiencia: es la optimización de los recursos utilizados para la obtención de los resultados u objetivos previstos.

Eficacia: es la contribución de los resultados obtenidos al cumplimiento de los objetivos trazados.

Efectividad: es la generación sistemática de resultados consistentes, integrando eficacia y eficiencia.

Eficiencia energética: es la optimización de los recursos energéticos para alcanzar los objetivos económicos de la Empresa. Se mide a través de indicadores de eficiencia energética.

1.5 Herramientas que se utilizan para establecer un sistema de gestión energética:

A continuación se presentan una serie de herramientas que se emplean para establecer un sistema de gestión eficiente de la energía.

1.5.1 Diagramas de Pareto:

El Diagrama de Pareto es una gráfica en forma de barras que clasifica en forma descendente factores que se analizan en función de su frecuencia, importancia absoluta o relativa. Adicionalmente permite observar en forma acumulada la incidencia total del factor en estudio.

Está inspirado en el principio conocido como pocos vitales y muchos útiles o Ley 80-20, que reconoce que en los procesos hay unos pocos elementos o causas realmente importantes (20%) que generan la mayor parte del efecto (80%). En otras palabras, del total de problemas que causan la baja o no deseada eficiencia energética de una empresa, solo unos cuantos de ellos afectan de manera vital su competitividad; y del total de causas de un problema, solo pocas de ellas son determinantes de gran parte del mismo.

Aplicando el principio de Pareto para resolver el problema del ahorro de energía, el primer paso que se debe dar es localizar prioridades, es decir, en qué energético (electricidad, gas, combustible, agua) se genera un mayor gasto. Esta localización se hace estratificando el

consumo de energía por tipo de energético y representándolo a través del diagrama de Pareto, como muestra en la figura 1. A partir de esta gráfica se aprecia que el energético A es el principal responsable del consumo de energía, representa el 63% del gasto total en energía del último semestre, por lo que cualquier programa de ahorro de energía debe iniciar, analizando este caso, que es donde se pueden lograr más beneficios. Existen otros argumentos que apoyan el enfoque a la barra más alta: en general, es más fácil reducir la barra grande a la mitad, que desaparecer cualquiera de las otras, y los resultados son mejores, si sólo se tiene un frente de batalla abierto, al cual se le pueden dedicar más recursos.

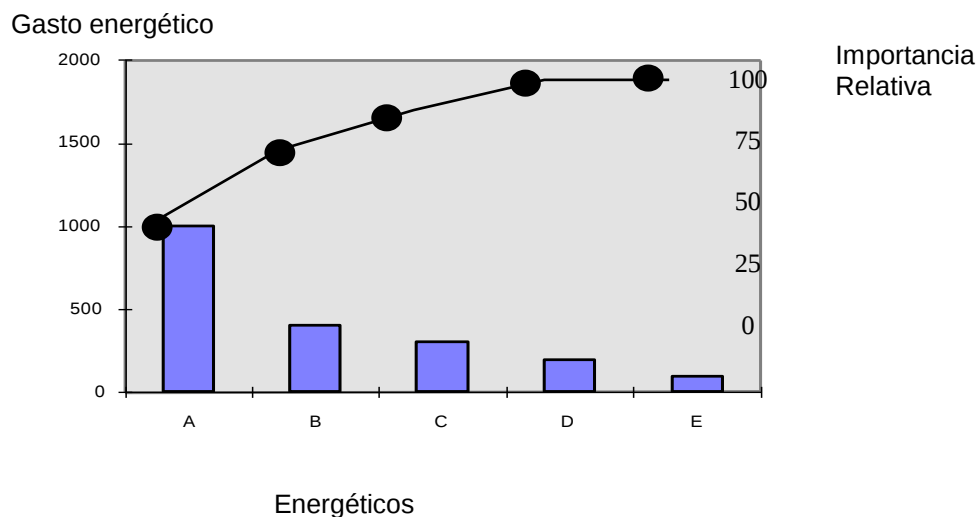


Figura 1. Diagrama de Pareto del gasto (en miles) por energético en el último semestre

1.5.2 Histograma:

El Histograma es una representación gráfica de la distribución de uno o varios factores que se confeccionan mediante la representación de las medidas u observaciones agrupadas en una escala sobre el eje vertical. Generalmente se presenta en forma de barras o rectángulos cuyas bases son dadas por los intervalos de clases y las alturas por las frecuencias de aparición de las mismas. Las marcas en la escala horizontal pueden ser los valores límites reales o valores arbitrarios claves. Para que sea más legible, generalmente es mejor indicar

los valores límites de las anotaciones aunque las bases de los rectángulos se extienden en realidad desde un valor límite real al siguiente más próximo.

El Histograma que se presenta más a menudo es aquel que tiene un valor central donde se agrupan el mayor número de observaciones y con frecuencias decrecientes a ambos lados del mismo. Este diagrama es definido como “distribución normal”. La distribución normal es aquella que descubre la variabilidad de un hecho cuando interviene solamente la aleatoriedad.

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.

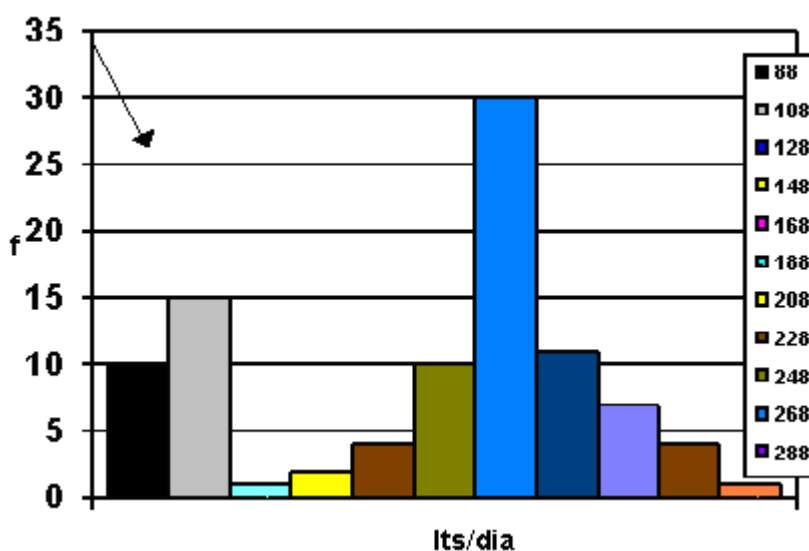


Figura. 2 Histograma del consumo de combustible en una instalación.

1.5.3 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 del 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 de la capacidad productiva nominal de la Empresa), calidad de la materia prima, estado técnico del equipamiento, etc.

1.5.4 El diagrama causa y efecto:

El Diagrama requiere de 4 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.

1.5.5 Diagrama de dispersión:

Este diagrama permite observar la relación que existe entre una supuesta causa y un efecto. Su uso permite comprobar o verificar hipótesis que pudieran haberse desprendido del análisis del diagrama Ishikawa.

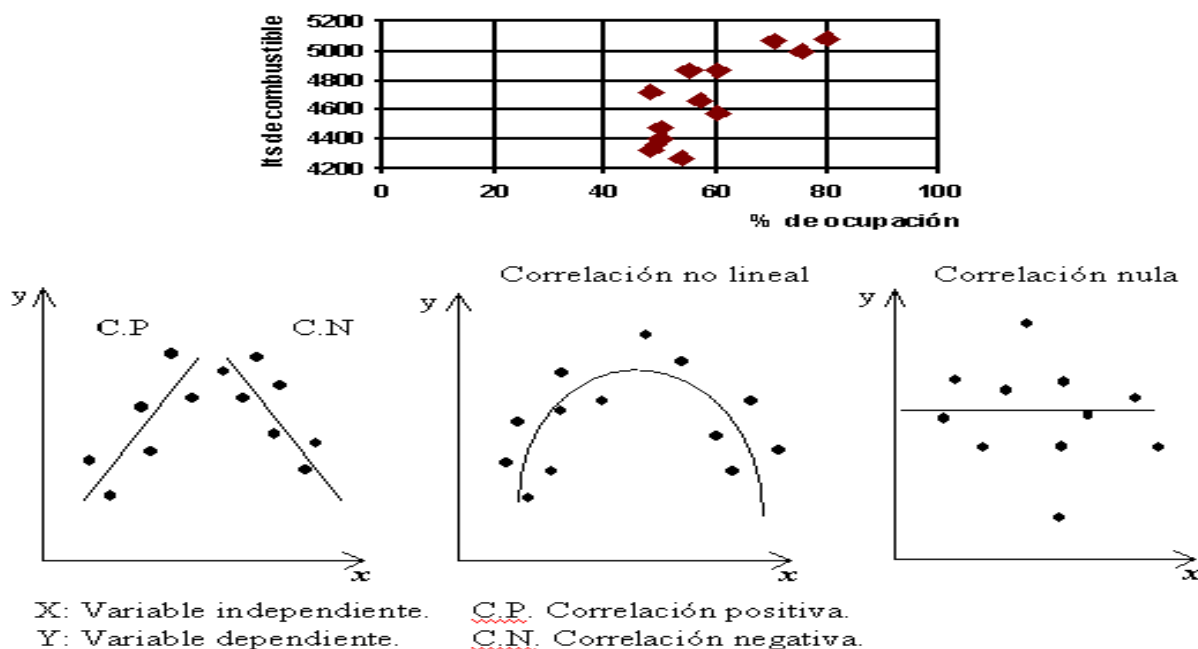


Figura. 3 Diagrama de dispersión contra % de ocupación

1.5.6 Estratificación:

Cuando se investiga la causa de un efecto, una vez identificada la causa general, aplicando el diagrama de Pareto, es necesario encontrar la causa particular del efecto, aplicando sucesivamente Pareto a estratos más profundos de la causa general. 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.

1.5.7 Gráfico de control:

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento de los diagramas causa y efecto, para detectar en cuáles fases del proceso analizado, se producen las alteraciones.

El gráfico consta de la línea central y de las líneas límites de control. Los datos de la variable cuya estabilidad se quiere evaluar, se sitúan sobre el gráfico. Si los puntos situados se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior, entonces las variaciones proceden de causas aleatorias y el comportamiento de la variable en cuestión es estable. Los puntos fuera de los límites tienen una pauta de distribución anormal y significan que la variable tuvo un comportamiento inestable. Investigando la causa que provocó la anomalía y eliminándola, se puede estabilizar el proceso.

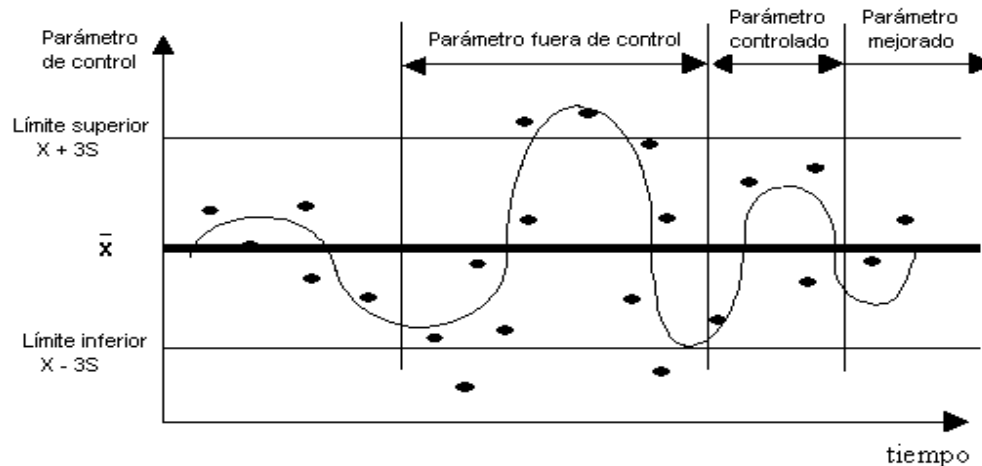


Figura 4 Gráfico de control

El objetivo del uso de este gráfico, dentro del sistema de GTEE, es determinar si los consumos y costos energéticos tienen un comportamiento estable o un comportamiento anómalo.

1.6 Factor de potencia:

Operar, con un bajo factor de potencia, una instalación eléctrica, además del impacto en el pago de electricidad, tiene otras implantaciones 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 las máquinas y aparatos 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. La mayoría de las cargas industriales son de naturaleza inductiva. Precisamente las cargas inductivas son de origen del bajo factor de potencia, con los inconvenientes que esto ocasionan.

¿Qué es el factor de potencia de una instalación?

Es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (kW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (kVA).

Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (kW) se sume el de una potencia llamada reactiva (kVAr), las cuales, en su conjunto, determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación. El factor de potencia es el cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, consumida por una carga o instalación determinada:

Tradicionalmente siempre se ha denominado “coseno de φ ” ($\cos \varphi$) dado que trigonométricamente coincide con el coseno del ángulo que forman ambos vectores de potencia, siendo φ el ángulo de desfase entre tensión y corriente.

$$FP = \frac{P}{S} = \cos \varphi$$

Causas que provocan un bajo factor de potencia en el circuito de distribución de una entidad.

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: **motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares**. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia. Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una subutilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de distribución.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Las cargas puramente resistivas, tales como alumbrado incandescente, resistencias de calentamiento, etc. no causan este tipo de problema ya que no necesitan de la corriente reactiva, sin embargo, como podemos comprobar con la presencia de armónicos en las redes, estos también suponen pérdidas en las mismas, las cuales contribuyen a elevar más aún la energía aparente necesaria.

La nueva potencia aparente S' es de mayor dimensión que la original debida únicamente a las pérdidas puramente inductivas. Esto nos lleva, por tanto, a las siguientes conclusiones:

- Un bajo factor de potencia es, por tanto, el resultado de un alto contenido de cargas inductivas como de cargas no lineales, consumidoras de corrientes no senoidales.
- El coseno de φ representa las pérdidas de carácter puramente inductivo dentro de la instalación, a las cuales debemos añadir (en muy menor proporción) las pérdidas a frecuencias armónicas.

- El factor de potencia nunca puede ser >1 , siendo esta la situación óptima.
- Los analizadores de redes de última generación muestran ambos valores cuando se monitorizan en línea los parámetros de potencia.

✓ ***Ventajas de mejorar el factor de potencia:***

Las ventajas de mejorar un factor de potencia en una instalación son:

- Evitar la penalización en la facturación mensual de la empresa eléctrica.

Reducción de la factura eléctrica: el incremento del factor de potencia puede ser considerable, si el factor de potencia inicial es inferior al 90%. Por lo general, para tomar plena ventaja de la bonificación, se acostumbra compensar hasta un factor de potencia cercano al 96% (que es el máximo posible a bonificar) aunque siempre una decisión final debe estar acompañada de un adecuado análisis económico.

Liberación de capacidad en el sistema: Cuando los capacitores o motores sincrónicos están operando, ellos suministran los requerimientos de potencia reactiva de las cargas y reducen la corriente circulante, desde la fuente hasta el punto de ubicación de los compensadores. Menos corriente, significa menor carga en kVA para generadores transformadores, cables, etc. Por lo tanto, los medios compensadores pueden utilizarse para reducir la sobrecarga de los circuitos; si estos no están sobrecargados, puedan permitir el incremento de su capacidad de carga.

Reducción de las pérdidas: la mayoría de las instalaciones, las pérdidas de energía en el sistema de distribución representan entre (2.5-7.5%) de la energía consumida por las cargas. Esto depende de la variabilidad de las cargas, el calibre y la longitud de los circuitos, etc.

1.7 Pérdidas por transformación:

En los sistemas de distribución existen dos variantes de distribución de energía mediante el empleo de los transformadores, en el primero de los casos en la entrada se emplea un transformador de potencia que recibe la energía del SEN y por el secundario del transformador se distribuye la energía a un nivel de tensión acorde con toda la carga presente en las instalaciones. En la segunda variante además de utilizar el transformador de

potencia de entrada se utilizan otros transformadores de menor potencia que por lo general, son transformadores secos los cuales adaptan los niveles de tensión a un distribuidor de las cargas totales del sistema, en este caso es donde se acentúan las pérdidas por distribución debidas a los bajos coeficientes de carga.

Los transformadores de distribución no deben trabajar en un coeficiente de carga superior al 70%, garantizando así las reservas de energía adecuadas para futuros cambios en los sistemas.

1.7.1 Facturación eléctrica:

Generalmente el consumo del portador energético de electricidad es el más incidente 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:

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

\\$: 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.

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. 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.

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.

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.

1.8 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 la empresa. 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.

Ejemplo: Factores de Conversión.

Toneladas de:	Por factor de conversión:	=Toneladas equivalentes de petróleo
Diesel	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.

1.9 Conclusiones:

En el presente capítulo podemos concluir que con este tipo de estudio aplicado en entidades similares, se han podido detectar los problemas existentes en este tipo de empresas, en las cuales, con las medidas aplicadas se han logrado notables avances en respecto del ahorro de energía. El sistema de gestión energética de la empresa no es el óptimo debido a que la comisión de energía existente no ha dirigido su trabajo a detectar las reservas existentes en el uso de los diferentes portadores energéticos, en la entidad.

CAPÍTULO 2: DETERMINACIÓN DE LAS REGULARIDADES DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA.

Introducción:

La conversión y conservación energéticas se inscriben en el marco del análisis detallado de los métodos que permiten un uso más eficiente de la energía en los procesos básicos de la industria, así como la aplicación práctica de tales métodos para aumentar o perfeccionar el rendimiento energético de los procesos, mediante cambios sencillos a introducir en los mismos.

En este capítulo se realizará el estudio de cómo explotar el recurso eficiencia energética en la empresa azucarera del territorio, fundamentalmente mediante la realización de diagnósticos para detectar las fuentes y niveles de pérdidas y posteriormente definir medidas o proyectos de ahorro para la conservación energética.

Lo más importante para lograr la eficiencia energética en las empresas, no es sólo que existan medidas de ahorro de energía, sino contar con un sistema de gestión energética que garantice que este plan sea renovado cada vez que sea necesario, que involucre a todos, que eleve cada vez más la capacidad de los trabajadores y directivos para generar y alcanzar nuevas metas en este campo, que desarrolle nuevos hábitos de producción y consumos, en función de la eficiencia, que consolide hábitos de control y autocontrol, y en general, que integre las acciones al proceso productivo o de servicios que se realiza.

2.1 Descripción del CAI:

La Empresa Azucarera Loynaz Hechavarría, sita en Calle Juan Ramírez, S/N, Marcané, ubicada en el macizo cañero que limita al Norte con el municipio Báguano y tierras limítrofes al Consejo Popular de Cueto, al sur, con el municipio de Julio Antonio Mella, de la provincia de Santiago de Cuba, en el centro del municipio de Cueto, provincia de Holguín.

Su objetivo social es producir y comercializar de forma mayorista y en ambas monedas, azúcares y mieles a las empresas operadoras de azúcar y sus derivados y de Ingeniería y Servicios Azucareros TECNOAZUCAR y otras autorizadas, de acuerdo con las regulaciones establecidas por el Ministerio del Azúcar.

La industria posee una tecnología tradicional y generalizada. La norma potencial del Central Loynaz Hechavarría es de 4025 Tn de caña/ día, en el área de extracción de jugo cuentan con dos juego de cuchillas, cinco juegos de molinos, inhibición compuesta cuádruple, esquema de calentamiento-evaporación – cocción de cuádruple efecto sin extracciones y siete tachos. Cuentan con 15 Centrifugas, 6 de primera (4 inglesas y 2 Japonesas), 3 de segunda y 6 de tercera todas Polacas.

Poseen dos calderas que suministran vapor directo de 13 a 18 kg/cm² de presión y 290 a 315 °C con una capacidad de 55 y 45 Tn de vapor/hora respectivamente, estas dos calderas tienen calentador de aire, economizador y sobrecalentado, además un sistema balanceado de tiro inducido y forzado. Posee un turbogenerador soviético de 4 MW de potencia y tres turbinas Skodas que mueven los molinos, alimentadas por vapor directo; existen dos válvulas reductoras (250/150 y 150/20 lib/ pulg² respectivamente) por si hace falta alimentar consumidores de vapor de escape, estas normalmente se encuentran cerradas.

2.2 Flujoograma 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 rompebultos, 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 al 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 transportada por una banda hasta las tolvas.

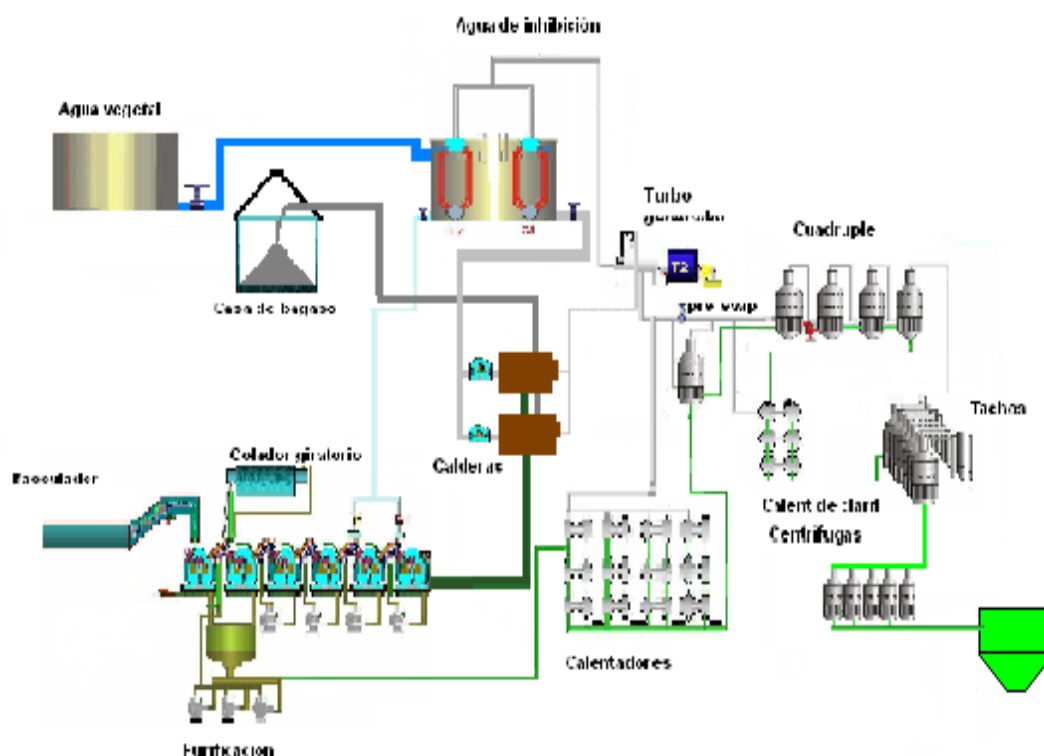


Figura 1: Flujograma del CAI Loynaz Hechavarría

2.2.1 Registro histórico de Producción y Energía:

En la **Fig. 2.1** se puede conocer el registro histórico de la producción y energía anual, para así tener una breve idea del comportamiento de los portadores de estos últimos años, para así tener una idea del incremento que ha tenido la producción en Tn de azúcar contra la energía consumida en kWh.

Tabla 2.0 Registro histórico de la producción y de energía en los últimos tres años

Años	Producción (Tn)	Energía (kWh)
2007	20100	3418,48
2008	26700	2982,26
2009	28500	2662,34

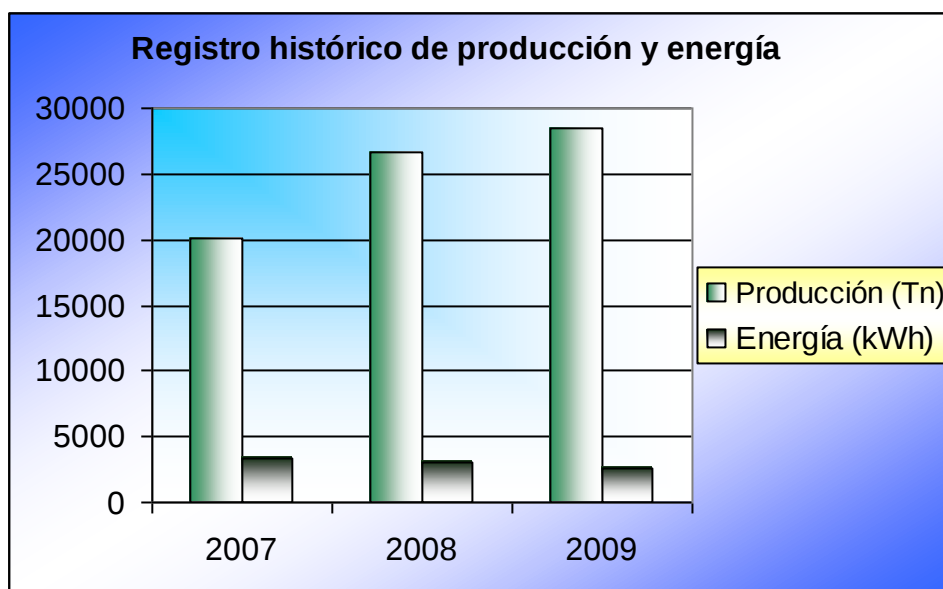


Figura 2.1 Registro histórico de la producción y energía.

2.2.2 Comportamiento del consumo anual de los portadores energéticos:

Para el análisis de los portadores energéticos de la empresa, en la **Fig. 2.2** se partió de los datos recogidos de la facturas de los consumos de los diferentes portadores en los departamentos de economía y mantenimiento, dicha información está actualizada pudiendo comprobar que existe un control continuo en el consumo de los portadores, en el centro se consumen los siguientes datos.

Por otra parte el bagazo es de mucha importancia en la producción de energía. Por lo que 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 gráfico donde se llevaron los portadores a toneladas de petróleo equivalente (TEP), se observa que la electricidad es el portador más significativo con un 64.30%, el fuel oil un 27.10%, el diesel 8.00% y la gasolina es la menos significativa con un 0,60%. Esto nos ayuda a centrar nuestro estudio de eficiencia en la electricidad siendo estos los más explotado.

Tabla 2.1-Composición de portadores a nivel de empresa en el año 2009 (TEP).

Portador	TCC/año	%	% Acumulado
ELECTRICIDAD	1416,10	64,30	64,30
FUEL OIL	596,60	27,10	91,40
DIESEL	177,80	8,00	99,40
GASOLINA	12,58	0,60	100,00
TOTAL	2203,10	100,00	

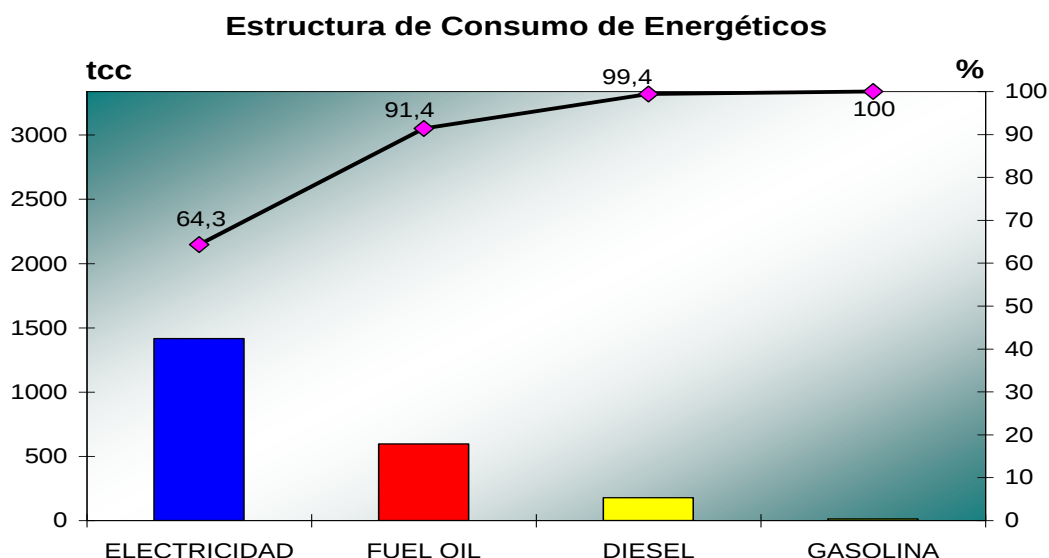


Figura 2.2 Estructura anual de los portadores energéticos

2.2.3 Importe de los portadores de los tres últimos años:

Es importante conocer la incidencia y estructura de los portadores energéticos en la empresa. Por lo que para realizar el análisis de este aspecto se analizó la información energética disponible de todos estos años. Después de preparar la información, la serie histórica de consumo permite arrojar el siguiente resultado del gráfico para los portadores energéticos (Combustible, Energía),

➤ Portador combustible:

Tabla 2.2 portador combustible.

Años	Portadores	Costo (MP)
2007	Combustible	137,6
2008	Combustible	191,2
2009	Combustible	985,6

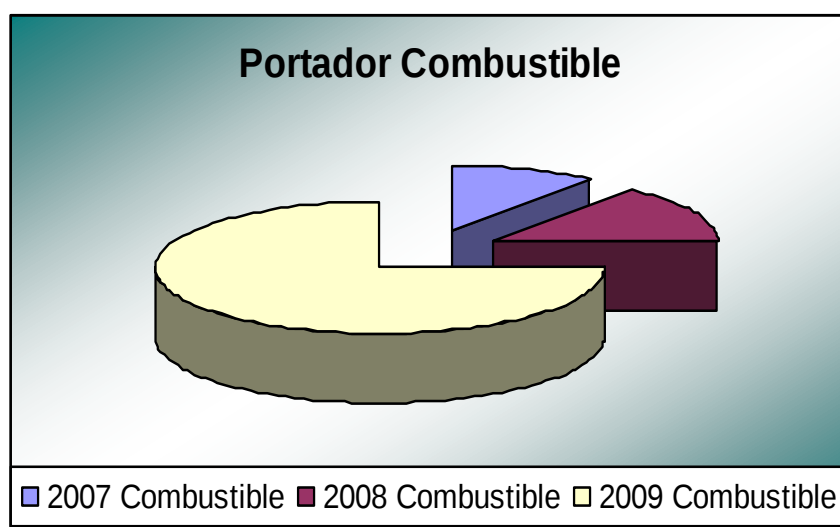


Figura 2.3 Portador combustible

En la **Fig. 2.3** se puede apreciar el consumo del combustible en los presentes años el cual se ha comportado de manera inestable, mostrándose donde en el año 2009 se observa un incremento del consumo del combustible que, prácticamente, duplica el consumo en respecto de los años anteriores.

➤ **Portador Energía :**

Tabla 2.3 Portador energía.

Años	Portadores	Costo (MP)
2007	Energía	296,8
2008	Energía	278,4
2009	Energía	463,7

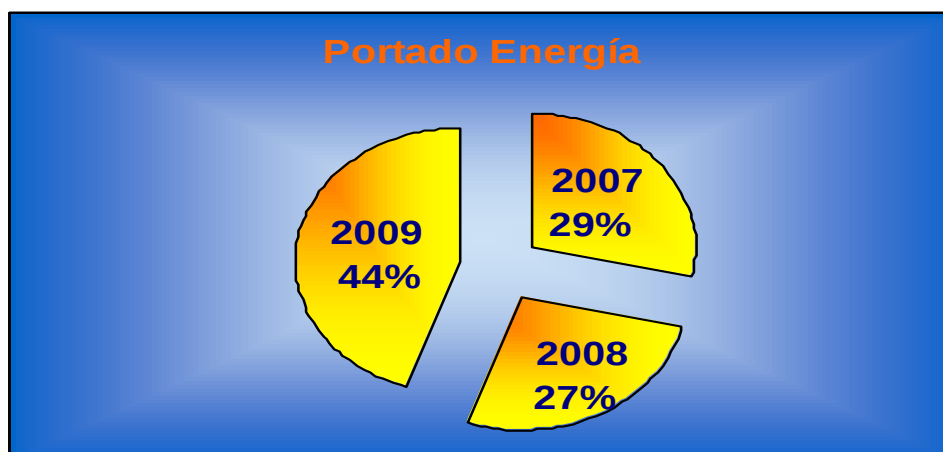


Figura 2.4 Portador combustible

En la **Fig. 2.4** podemos apreciar que por la estructura de consumo vista en los últimos tres años se aprecia que en el 2009 el consumo de electricidad es el más significativo de todos los otros años, representando en la misma el 44% de la energía total consumida en la empresa, el consumo de la misma esta determinado por los niveles de producción de cada mes, Para un mejor y más exacto análisis de los consumos, se realizaron mediciones en el sistema que proporcionaron la información real del consumo de energía eléctrica en las diferentes áreas de la entidad.

❖ **Portador más significativo de los últimos tres años:**

En La **Fig. 2.5** se puede conocer que en el último año el portador más significativo es el combustible, con un consumo de 985,6 (MP) en el año. Este consumo sobrepasa a los años anteriores, cada año los precios de los portadores se incrementan como consecuencia de la crisis mundial de los combustibles y las regulaciones para el sistema estatal se imponen ante una, por lo que se tiene que hacerse un estudio con el consumo del combustible.

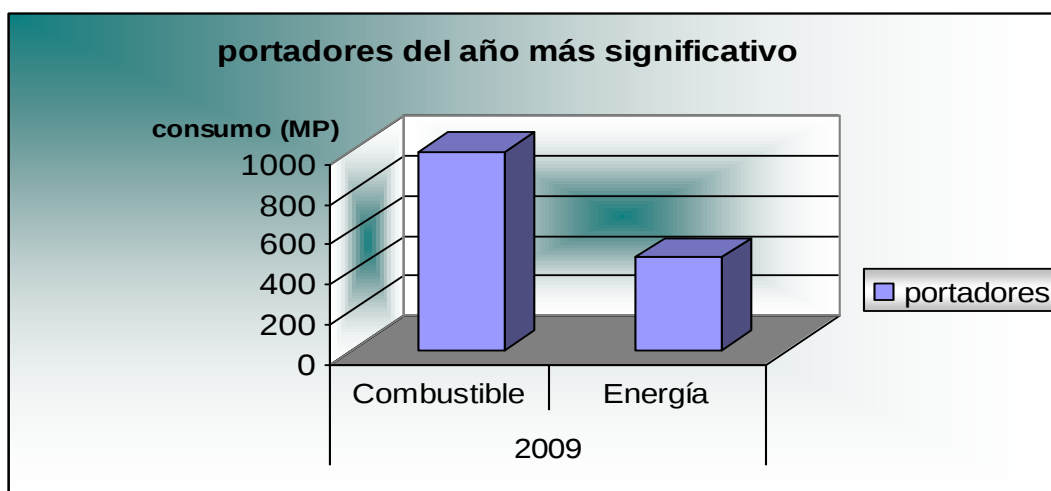


Figura 2.5 Portador más significativo del año 2009

2.2.4 Gastos de los costos fijos:

Los costos fijos son la mano de obra directa con las distintas prestaciones e impuestos a pagar, dentro de ella se encuentran los siguientes:

Tabla 2.4 gastos de los costos fijos

Costos fijos	Gastos en MP	Gastos en CUC
Fondos de salario	78460.2	3138.408
Amortización	32180.8	1287.232
Seguro Social	980.8	390232
Total	1218031.8	48721.272

2.2.5 Comportamiento del consumo de energía anual:

El gráfico de control de la **Fig. 2.6**, muestra el comportamiento del plan de consumo de energía eléctrica durante el año 2009, lo que utilizaremos como tiempo base para realizar el análisis de este portador, aquí se aprecia que el consumo está dentro de los parámetros de control, a pesar de presentar anomalías en los meses de mayo y junio que se encuentran por encima del plan, donde se produjo un incremento considerable con respecto a los otros meses del año. Por lo que a partir del mes de julio a noviembre se observa que el consumo de energía se mantiene por debajo producto a que ese es el tiempo de no zafra y el consumo es mínimo.

Tabla 2.5 Comportamiento del consumo de energía

Meses	PLAN	REAL
Enero	-	207.645,00
Febrero	-	214.736,00
Marzo	-	175.029,00
Abril	-	166.947,00
Mayo	-	245.816,00
Junio	204.300,00	138.714,00
Julio	45.315,00	36.470,00
Agosto	-	31.252,00
Septiembre	50.000,00	33.107,00
Octubre	38.245,00	32.878,00
Noviembre	38.000,00	37.607,00
Diciembre	60.000,00	74.714,00

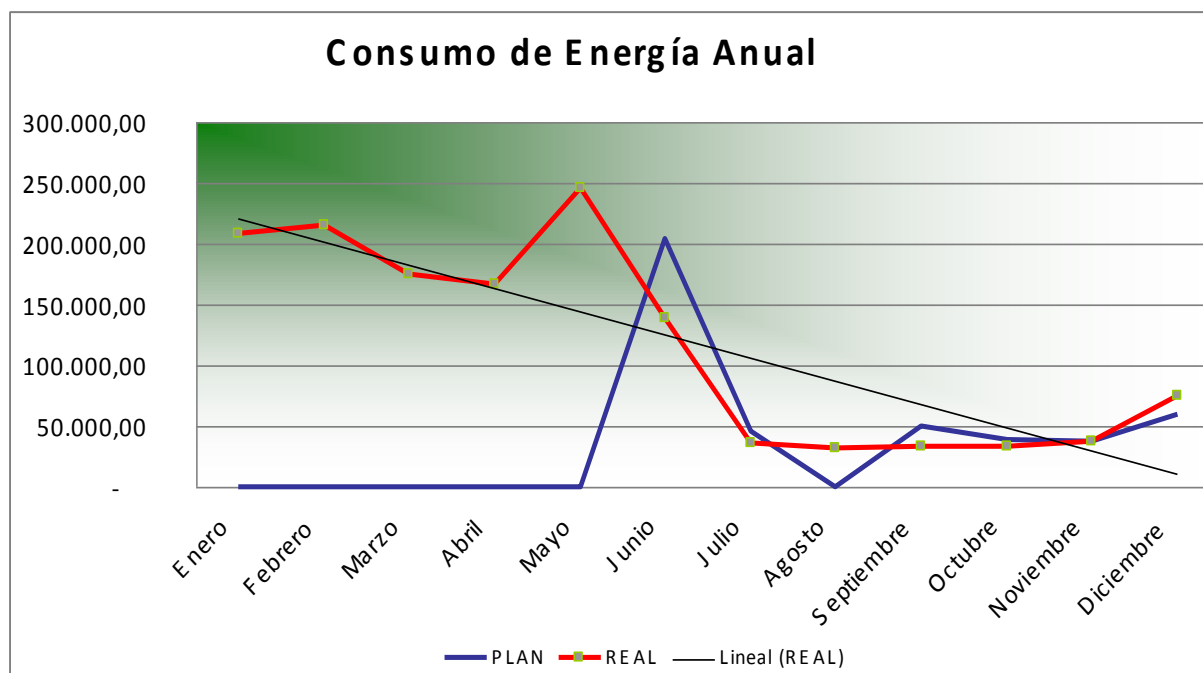


Figura 2.6 Consumo de La Energía Anual

2.2.6 Índice de consumo de electricidad:

Para realizar el análisis de la electricidad primeramente se analizó la base de datos disponible del año 2009. En la siguiente **fig. 2.7** el índice de consumo de electricidad se recuerda que el mismo está definido como la cantidad de kWh entre las toneladas de azúcar producida es decir kWh / ton .Para mostrar más claramente se muestra el gráfico del índice de consumo teniendo en cuenta la energía eléctrica consumida.

Tabla 2.6 del índice de consumo

Meses	2009	kWh
DISIEMBRE	33810,1	845,25
ENERO	87342,5	37700
FEBRERO	78890	24100
MARZO	87342,5	218,35
ABRIL	30925,9	773,14

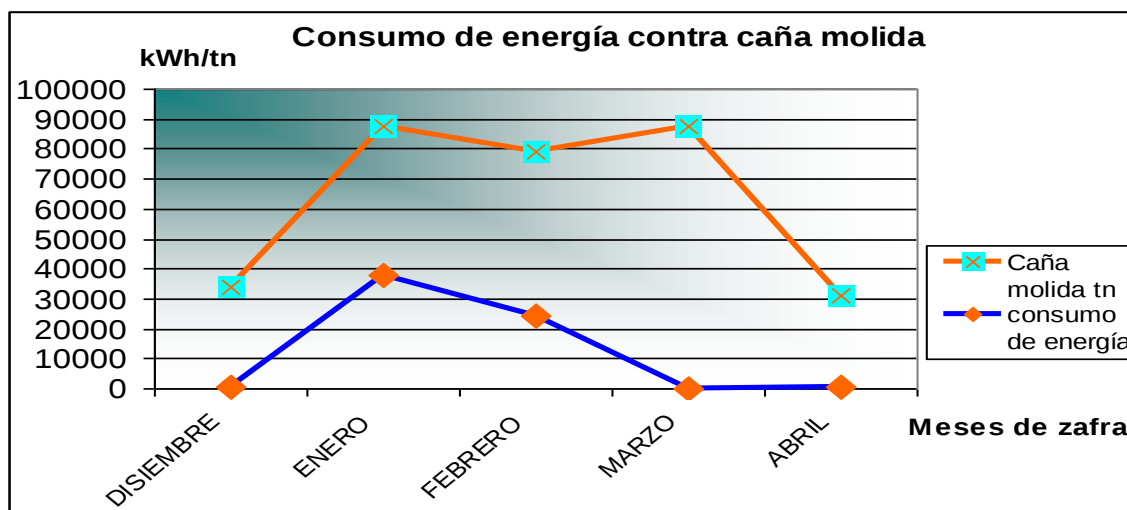


Figura 2.7 Índice de consumo del CAI

Se pueden considerar adecuados los valores del coeficiente de correlación $R^2 \geq 0,75$. Como se observa en la **fig. 2.8** el coeficiente de correlación es de 0.9524, siendo mayor igual que el mencionado anteriormente, por tanto se puede decir que existe una fuerte correlación entre nuestros parámetros (kWh/ton) y por tanto, que el índice de consumo formado por el

cociente entre ellos, refleja adecuadamente la eficiencia energética en el CAI. Esto puede ser por la estabilidad en el proceso productivo.

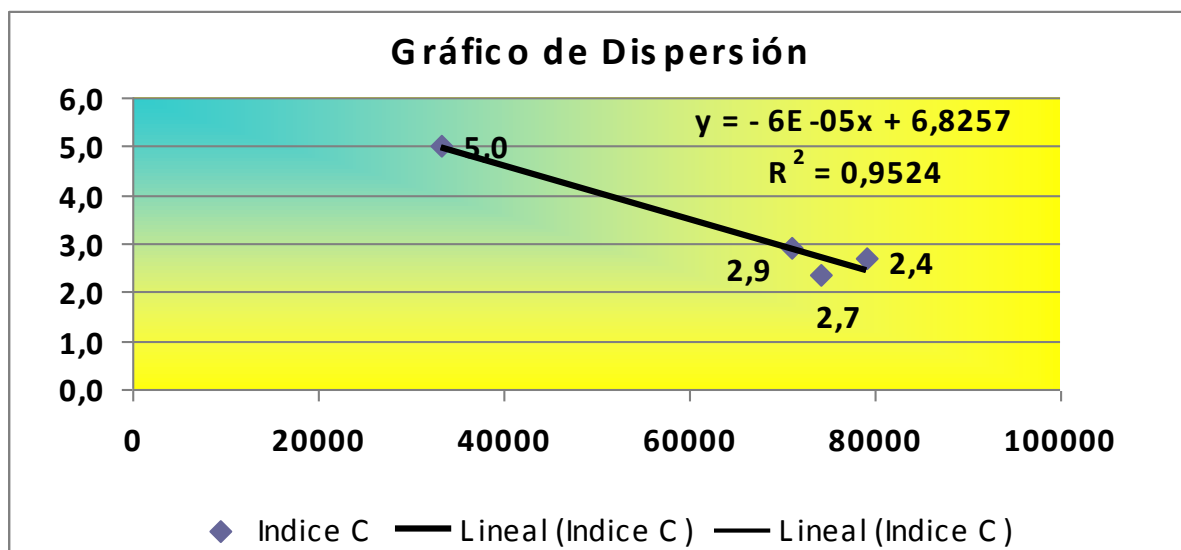


Figura 2.8 Gráfico de dispersión del CAI

En la **fig. 2.9** se muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción de toneladas de caña molida realizada en el tiempo de zafra, observándose que el comportamiento del consumo eléctrico sigue a la las toneladas de caña producida (ton) de manera creciente y decreciente, mayormente en todo el período de el mes de febrero y marzo como se observa en la curva del consumo que está por encima de las toneladas y en le mes de marzo se aprecia que esta por debajo de las toneladas, esto confirma la no correlación que existe entre estos parámetros debido al deterioro de la base energética de la empresa y mala organización del proceso productivo.

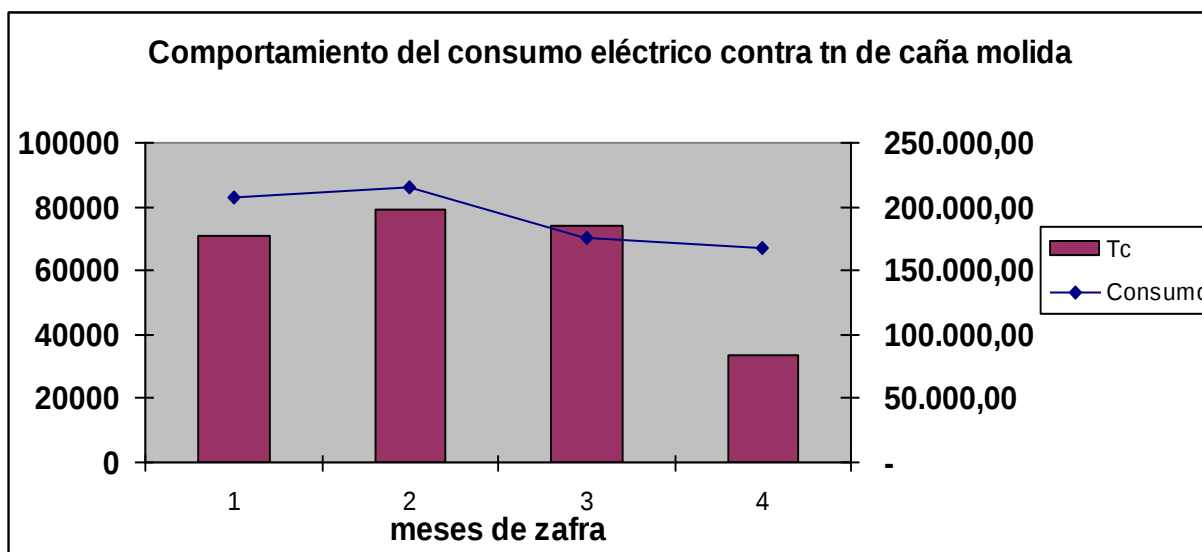


Figura 2.9 Gráfico de dispersión del CAI

2.3 Sistema de Suministro Eléctrico:

La Empresa Azucarera Loynaz Hechavarría recibe su servicio eléctrico del Sistema Electro energético Nacional desde la S/E Nipe 110 kV a través de la línea de subtransmisión eléctrica radial a 34.5 kV Nipe-Cueto que alimenta varias S/E de subtransmisión y de distribución.

La industria recibe el servicio eléctrico a través de una S/E de subtransmisión que tiene 2 Transformadores trifásicos con relación de transformación de 34.5/6.3 kV de 1600 kVA de potencia cada uno, que trabajan en paralelo en zafra, en la etapa de no zafra emplean un solo transformador, internamente tienen alimentadores de las barras de 6.3 kV que distribuyen el servicio a 6 Centros de Carga cada uno con 1 Transformador de 1000 KVA 6.3/0.48 kV y poseen una PGD a 6.3 kV que alimenta motores a este voltaje, a la barra de 6.3 kV incorporan en zafra un turbogenerador Soviético del tipo T-4-3600T3 de 4 MW de potencia nominal, Cos ϕ 0.8, 6.3 kV, 60 Hz, 3600 rpm alimentado por una Turbina Tipo P-420 TK con presión de entrada de 18 kgf/cm² a 310 °C y escape a 2 kgf/cm² que les sirve para autoabastecerse y en determinados momentos aportar energía al SEN.

2.4 Levantamiento de cargas instaladas:

Con el levantamiento de las cargas instaladas tendremos una idea de cuáles son los lugares donde existe un mayor consumo en los equipos principales por área, se realizó una clasificación de estas cargas en los lugares donde mayor consumo existe como se muestra en la siguientes **Fig. 2.10**, donde podemos observar que el área más consumidora es la de los molinos con una demanda de 66176 kWh.

Tabla 2.7 Levantamiento de las cargas instaladas

ÁREA	Demanda (kW)	%	% Acumulado
Molino	66176	32	32
Generación de vapor	2727,96	21	53
Basculador	2169	19,01	72,01
Centrífugas	1687,5	16,26	88,27
Purificación	605	6,91	95,18
Planta eléctrica	201	2,02	97,2
Cristalización	104	1,04	98,24
TOTAL	73670,46	98,24	

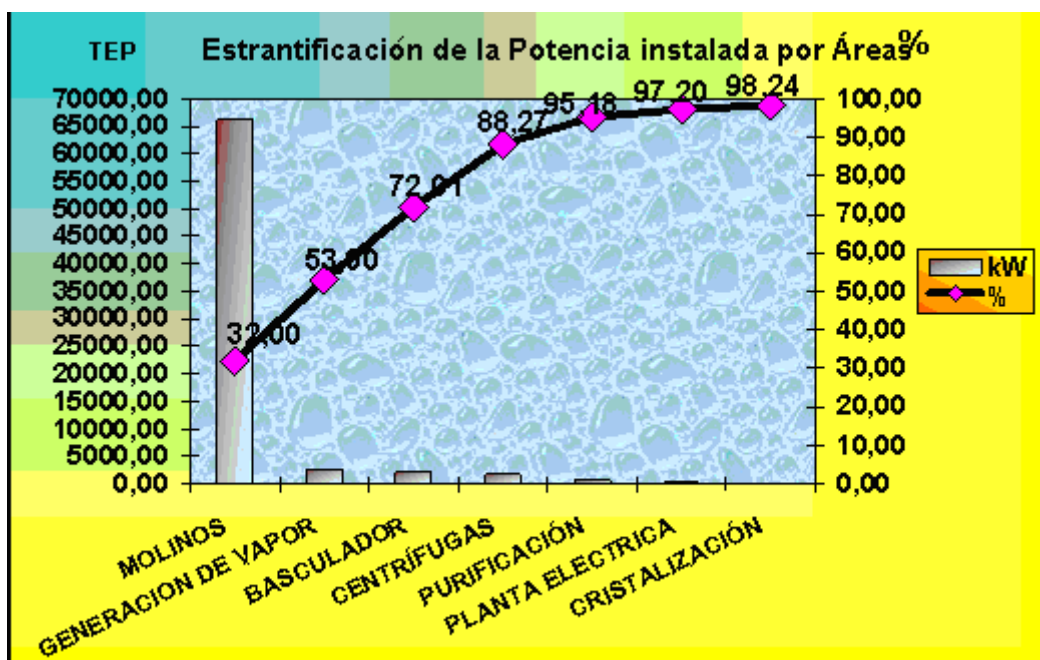


Figura 2.10 Equipos más consumidores.

✓ Algunos de los equipos más consumidores del CAI:

En el presente Gráfico de la **fig. 2.11** se puede apreciar el consumo que tienen estos equipos principalmente los motores eléctricos de las cuchillas 1 y 2, al igual que los molinos. Por lo que son los más consumidores de la empresa.

Tabla 2.8 Equipos más consumidores

motores más consumidores	kW.
Mtor eléct Cuchilla # 1.	800
Mtor eléct Cuchilla # 2.	800
Motor molino # 1..	800
Motor molino # 2.	630
Motor molino # 3.	630
Motor molino # 4.	630
Motor molino # 5.	630
Motor VTI # 2.	250
Motor VTF # 3.	132
Motor VTS # 3.	127

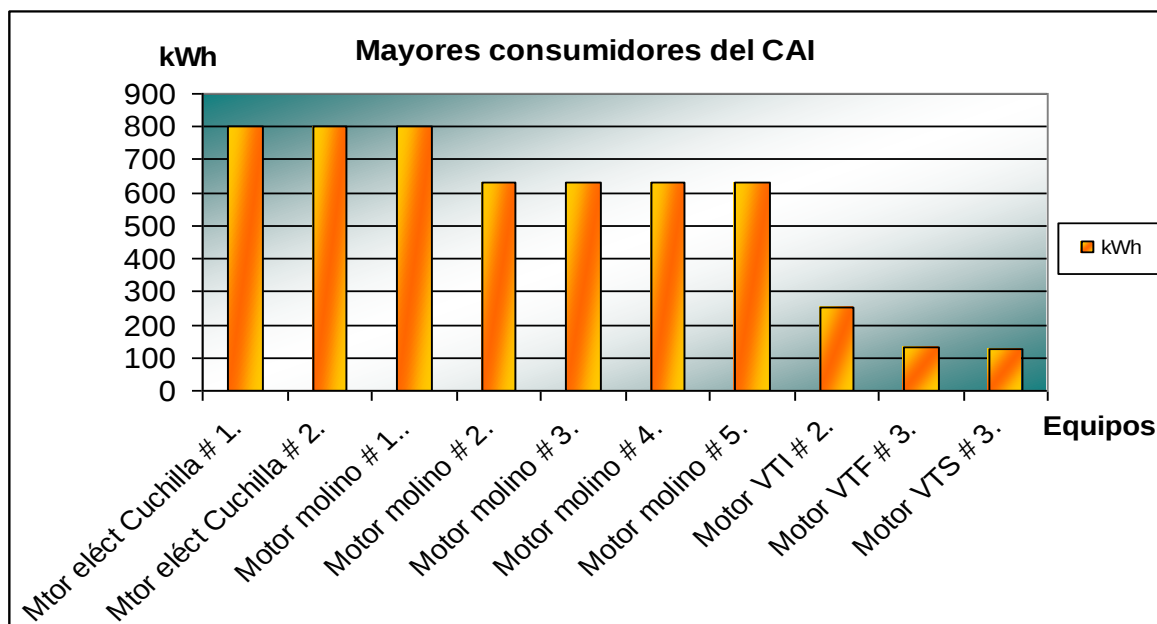


Figura 2.11 Mayores consumidores del CAI

2.5 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 Tarifaria Eléctrico, 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 Empresa Loynaz Hechavarría:

\$ 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.

2.6 Demanda Convenida del CAI:

En el 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. Es decir la empresa todos los años tiene que contratar una demanda acorde a la empresa para cada mes, esa demanda la empresa eléctrica se la cede al CAI como una protección, es decir; el CAI puede consumir esa demanda pero en caso que se exceda, el metro lo registrara y por cada kW que consuma por encima de la contratada, se le penalizará hasta el triple del valor de la demanda de la tarifa de media tensión, es decir hasta \$ 15.00 por cada kW excedido, por lo que esto representa una gran pérdida hacia la empresa por una mala contratación o un mal estudio hecho.

Tabla 2.9 Demanda convenida del CAI.

Meses	Demanda contratada kWh	Demanda real leída
Enero	2200	2304
Febrero	2200	2814
Marzo	2200	2159
Abril	2200	2353
Mayo	2200	2231
Junio	2200	1823
Julio	400	62
Agosto	400	61
Septiembre	400	46
Octubre	400	58
Noviembre	400	62
Diciembre	2200	1607

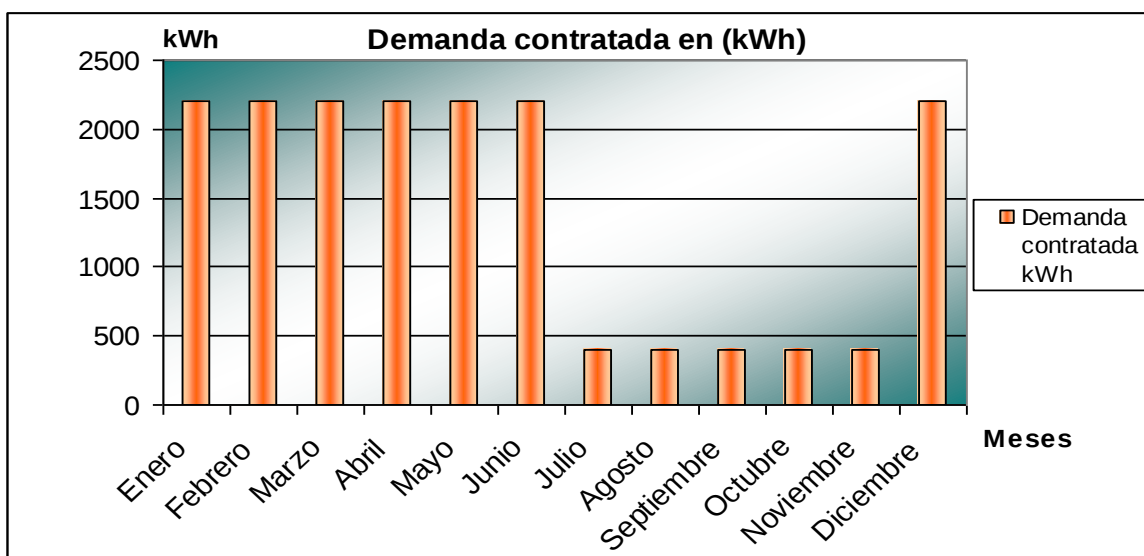


Figura 2.12 Demanda contratada

2.7 Demanda real leída:

En la **fig. 2.13** Se muestra la máxima demanda real leída por el metro en un momento específico del mes que el CAI se paso de la demanda contratada, aquí se observa que en el mes de enero y febrero es donde más problema de consumo hubo, donde el metro llego a registrar hasta 2814 kWh, es decir que aquí se ve la mala contratación que hay para cada mes.

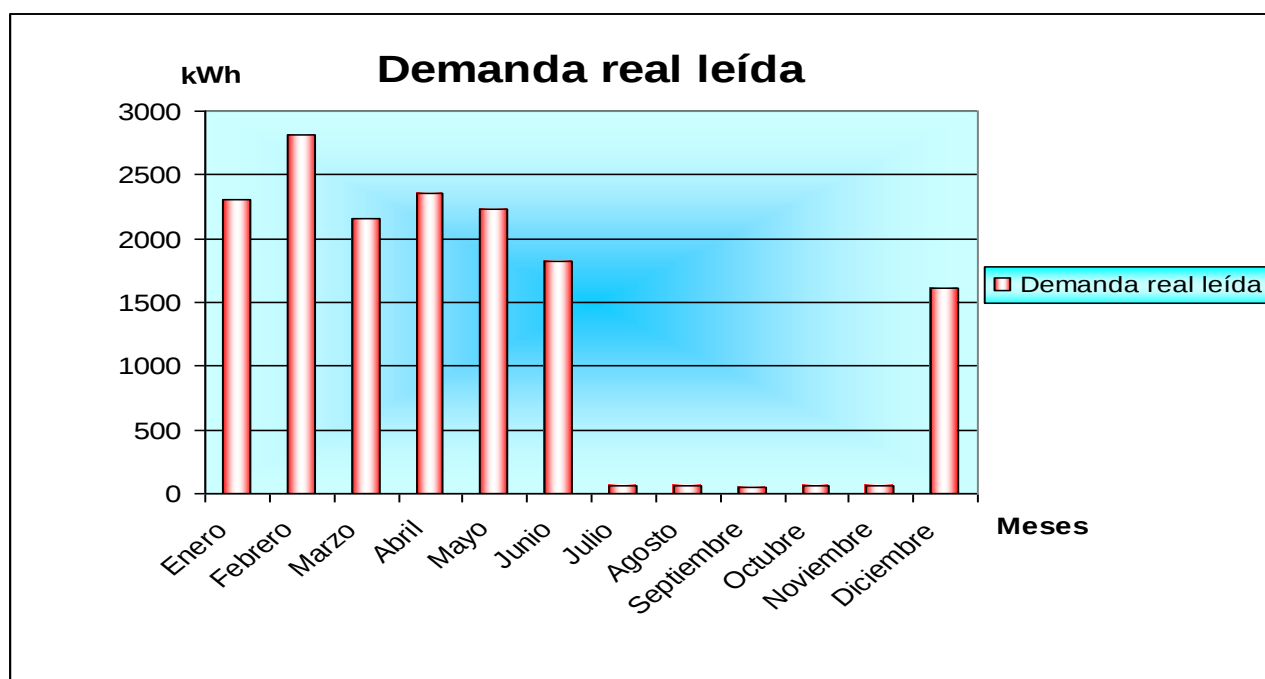


Figura 2.13 Demanda real leída

2.7.1 Consumo de energía en los tres momentos del día

En el presente gráfico de control de la **Fig. 2.14** Se puede observar el comportamiento que tiene la energía eléctrica en el día completo durante todo el año. Por lo que el mayor peso del consumo se aprecia a partir del mes de abril y mayo que es la recta final del período de zafra, donde podemos apreciar que el mayor peso de consumo esta en el horario del día donde el consumo de energía llega hasta 118.196.00 kWh en el mes de mayo.

Tabla 2.10 Consumo de energía activa

CONSUMO DE ENERGÍA ACTIVA (kWh.)			
	Día	Pico	Mad
Enero	86.353,00	20.844,00	97.610,00
Febrero	104.415,00	35.792,00	-
Marzo	76.952,00	31.332,00	63.733,00
Abril	113.341,00	18.985,00	31.663,00
Mayo	118.196,00	34.199,00	90.390,00
Junio	64.205,00	21.981,00	50.058,00
Julio	27.122,00	2.809,00	4.167,00
Agosto	21.755,00		4.476,00
Septiembre	24.432,00	2.402,00	3.979,00
Octubre	23.665,00	2.587,00	4.248,00
Noviembre	28.246,00	2.963,00	4.084,00
Diciembre	54.079,00	6.382,00	11.831,00

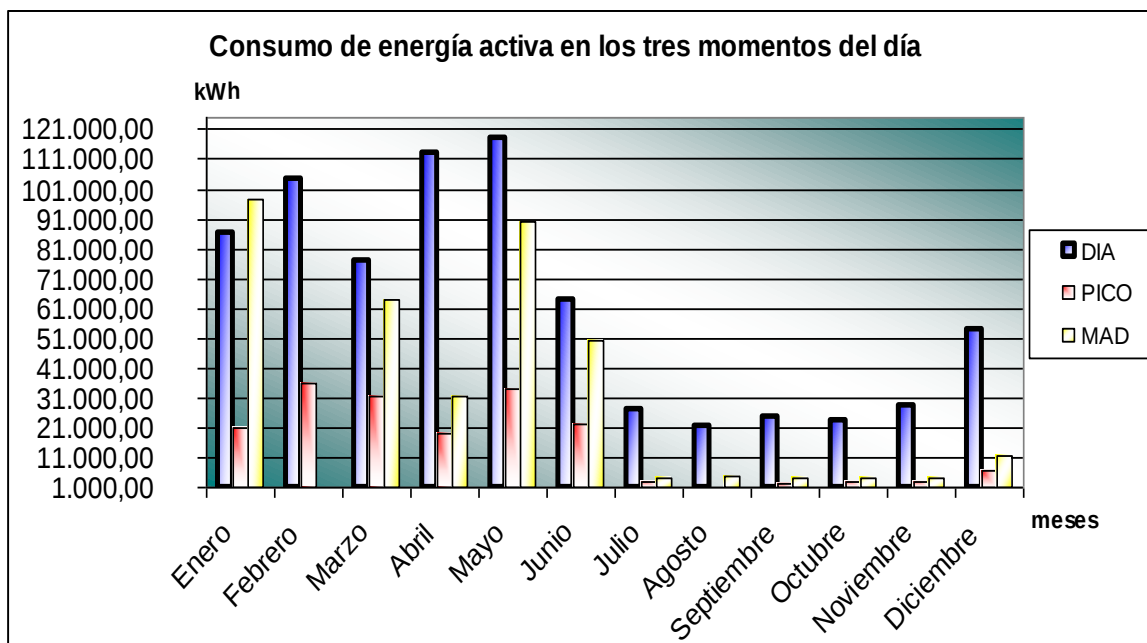


Figura 2.14 Consumo anual en los diferentes horarios del día

2.7.2 Consumo de energía activa y reactiva del año completo durante el día:

Tabla 2.11 Consumo de energía activa y reactiva en todo el año.

Pot Act (kWh)		Pot React (kVAr)
Meses	Día	Día
Enero	44.239,95	86.353,00
Febrero	89.291,73	104.415,00
Marzo	92.387,48	76.952,00
Abril	151.121,33	113.341,00
Mayo	60.553,61	118.196,00
Junio	21.103,16	64.205,00
Julio	-	27.122,00
Agosto	-	21.755,00
Septiembre	3.481,37	24.432,00
Octubre	23.471,74	23.665,00
Noviembre	34.818,58	28.246,00
Diciembre	29.188,75	54.079,00

En la **fig. 2.15** se muestra el comportamiento de de la energía activa y reactiva durante todo el año donde se observa que la energía reactiva solo esta por debajo de la activa en el mes de abril por lo que a partir de aquí el centro tiene un gran consumo de reactivo durante todo el año.

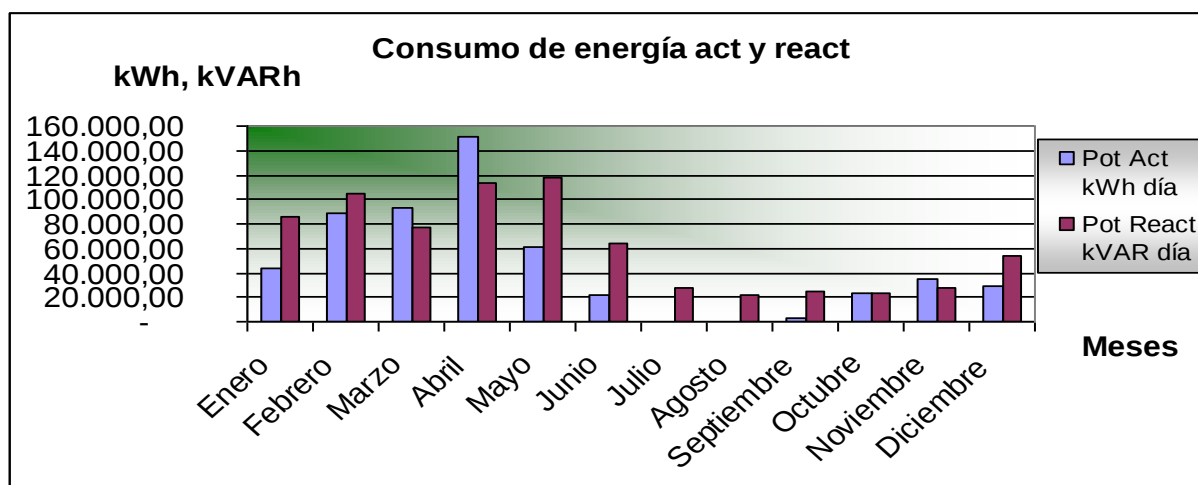


Figura 2.15 Consumo de energía activa y reactiva del año.

2.8 Análisis al comportamiento del factor de potencia en el CAI en el transcurso del año:

En el análisis realizado al comportamiento del factor de potencia en el sistema se puede ver que en la **fig.2.16** Se aprecia que en el transcurso de la zafra el factor de potencia varia mucho y puede llegar a un valor de 0.60, luego en el período de no zafra el factor de potencia se va incrementando hasta 1.00, en el mes de julio y junio.

Tabla 2.12 Comportamiento del Factor de Potencia

Meses	FP
Enero	0,89
Febrero	0,76
Marzo	0,64
Abril	0,6
Mayo	0,89
Junio	0,95
Julio	1
Agosto	1
Septiembre	0,99
Octubre	0,71
Noviembre	0,63
Diciembre	0,88

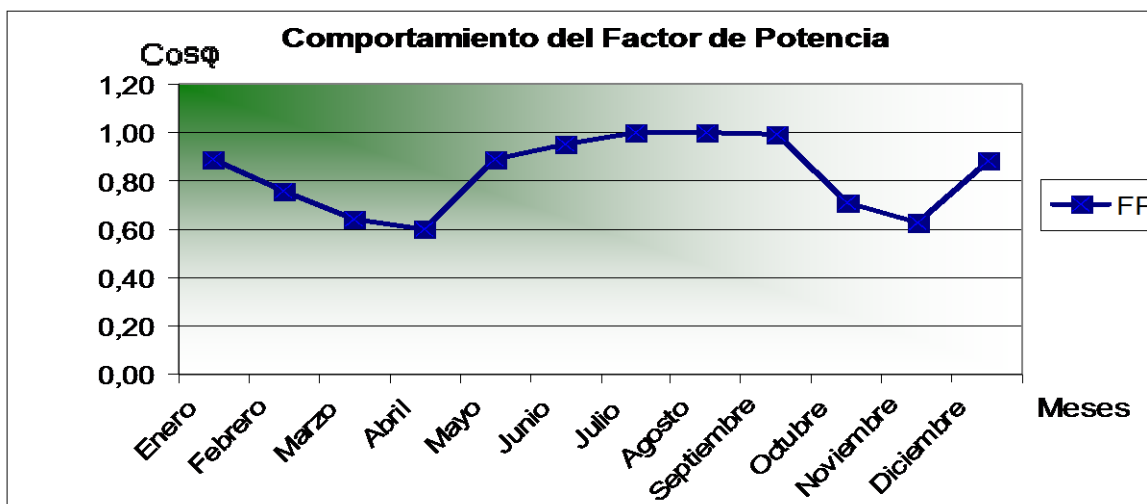


Figura. 2.16 Comportamiento del factor de potencia

2.8.1 Penalización por Factor de potencia:

La empresa eléctrica le propone al CAI que debe de trabajar con un FP de 0.90 en todo el año, ahora bien si el central trabaja con ese FP la empresa eléctrica no lo penalizara en ningún momento, pero si trabaja con menos de ese FP es penalizado y su costo es en miles de pesos fig.2.17, por lo que es penalizado prácticamente en todo el año.

Tabla 2.13 penalización por factor de potencia.

Meses	Penalizados
Enero	282,63
Febrero	5.253,57
Marzo	9.585,17
Abril	11.635,17
Mayo	372,65
Junio	-
Julio	-
Agosto	-
Septiembre	-
Octubre	1.552,84
Noviembre	2.693,78
Diciembre	219,85

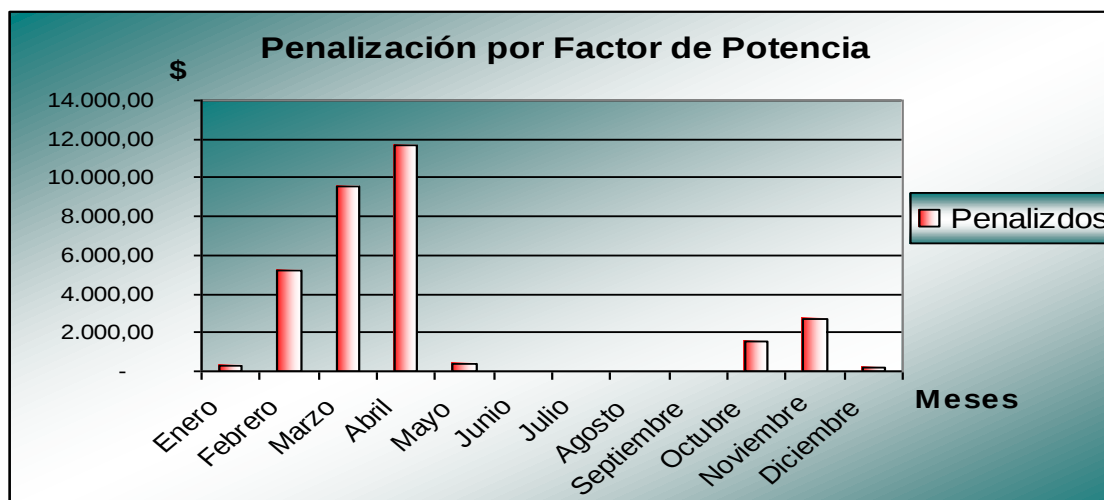


Figura 2.17 Penalización por factor de potencia.

2.8.2 Bonificación por el factor de potencia:

En este caso en la **fig. 2.18** El central tiene un gran ventaja, que es que si el factor de potencia se pasa de 0.90 la empresa eléctrica le tiene que pagar al CAI por bonificación una suma de dinero, es decir en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, que ese dinero lo pueden emplear en alguna inversión o estimular a lo trabajadores más destacados.

Tabla 2.14 Bonificación por el Factor de Potencias.

Meses	Bonificación
Enero	-
Febrero	-
Marzo	-
Abril	-
Mayo	-
Junio	591,31
Julio	255,82
Agosto	241,68
Septiembre	256,23
Octubre	-
Noviembre	-
Diciembre	-

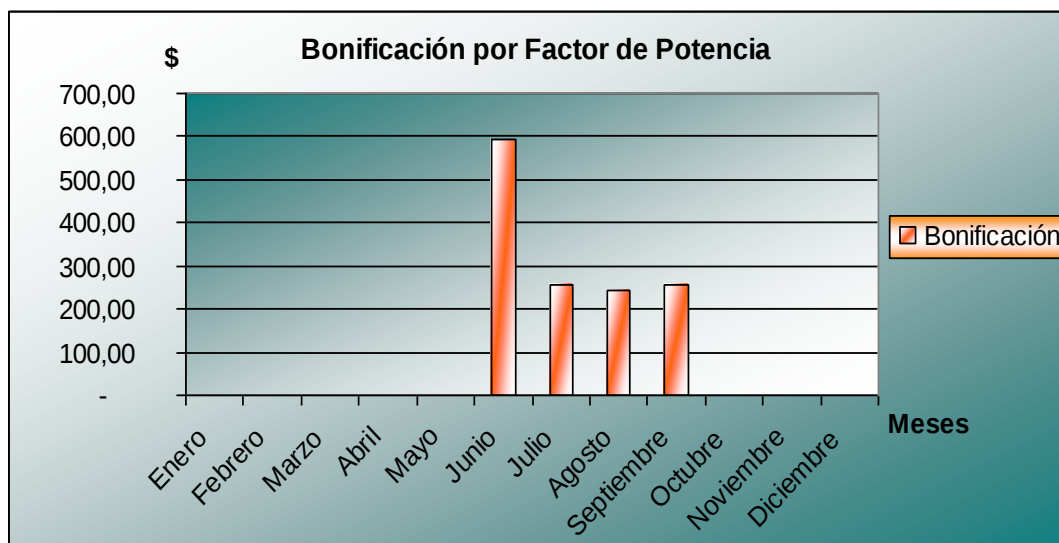


Figura 2.18 Bonificación por el factor de potencia

2.9 Análisis de las mediciones eléctricas realizadas:

Las mediciones fueron realizadas aprovechando las potencialidades del analizador de red , estas fueron hechas instantaneamente producto a que el analizador era prestado y era por un pequeño período de tiempo, por lo que se realizaron en el horario zafra del día 16 al 18 de febrero del 2010, donde se analizaron los 6 centros de cargas del CAI , donde se recopiló los datos de potencia activa , reactiva y aparente , por fase y la total y el factor de potencia por fase y total .

2.10 El CAI como sistema:

En la siguiente **fig. 2.19** se muestra la potencia activa(P) reactiva(Q) y aparente(S) en el CAI por centros de cargas, donde se puede observar con claridad que existe una gran diferencia entre P , Q y S, donde se aprecia que la potencia aparente está por encima siempre de las otras potencias y se observa que en el centro de carga número 5 es donde más se refleja.

Tabla 2.15 Comportamiento de las Potencias en los centros de cargas

Centro Cargas	Pot. Act- P- (kW)	Pot. React-Q- (kVAR)	Pot. Apa-S- (kVA)
Centro Carga # 1	220	109	247
Centro Carga # 2	477	85	512
Centro Carga # 3	516	266	523
Centro Carga # 4	360	266	541
Centro Carga # 5	527	281	597
Centro Carga # 6	3.4	11.3	11.6

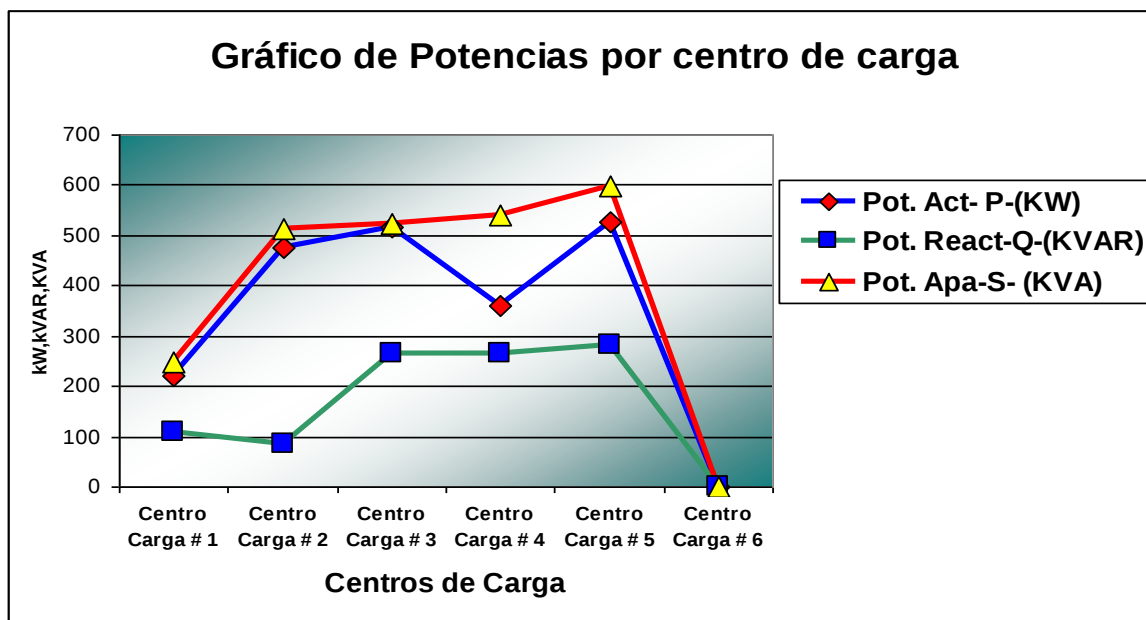


Figura 2.19 Gráfico de potencias (P, Q, S) por centros de cargas

2.11 Comportamiento de la pot. P (kW) pot. Q (kVAr) en el sistema:

En la siguiente **fig.2.20** se muestra el gráfico de carga de la potencia reactiva (Q) y la activa (P) del CAI, donde se observa con claridad que existen grandes variaciones de P y Q en los centros de cargas.

Tabla 2.16 Comparación de la potencia activa y la reactiva.

Centro Cargas	Pot. Act- P -(kW)	Pot. React- Q -(kVAr)
Centro Carga # 1	220	109
Centro Carga # 2	477	85
Centro Carga # 3	516	266
Centro Carga # 4	360	266
Centro Carga # 5	527	281
Centro Carga # 6	3.4	11.3

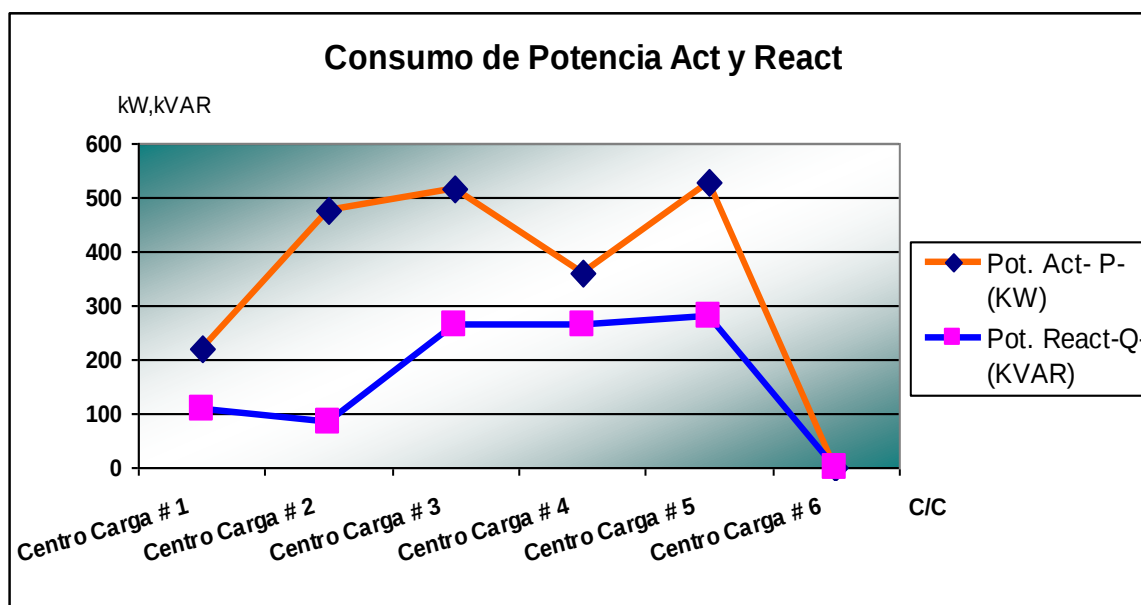


Figura 2.20 Gráfico del Consumo de Potencia Activa y Reactiva

2.12 Comportamiento del factor de potencia en los centros de cargas:

En el análisis del comportamiento del factor de potencia en los centros de cargas de la **fig. 2.21** Se ve que existe un bajo factor de potencia incluso con valores muy pequeños como 0.30 en el centro de carga # 6 que tiene un transformador 1000 kVA trifásico subcargado que prácticamente esta en vacío, esto es debido a que solo alimenta una planta de agua, por lo que la potencia activa es mucho más grande que la reactiva y el valor máximo que alcanzó el factor de potencia es de 0.93.

Tabla 2.17 del comportamiento del factor de potencia por centro de carga.

Nº Centro de Carga	FP
C/C # 1	0,89
C/C # 2	0,93
C/C # 3	0,86
C/C # 4	0,80
C/C # 5	0,88
C/C # 6	0,3

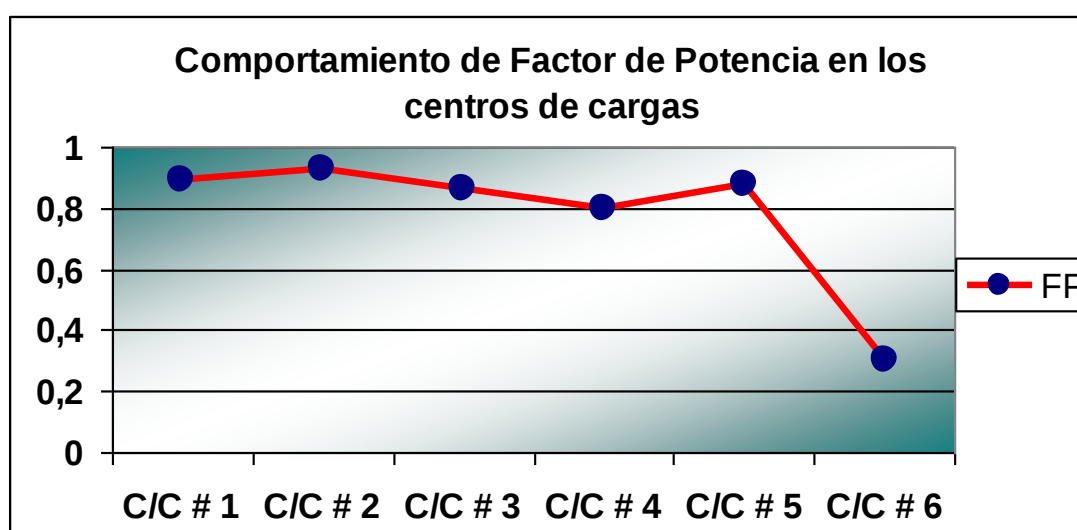


Figura 2.21 Gráfico del Comportamiento del factor de potencia en los centros de cargas

➤ **Análisis al centro de carga más significativos del centro # 5:**

En las siguiente **fig.2.22** Podemos ver el comportamiento de la potencia act. P (kW), rect. Q (kVAR) y la apa. S (kVA) de centro de carga donde podemos apreciar que la potencia reactiva está por encima de las otras potencias y la aparente prácticamente no se observa.

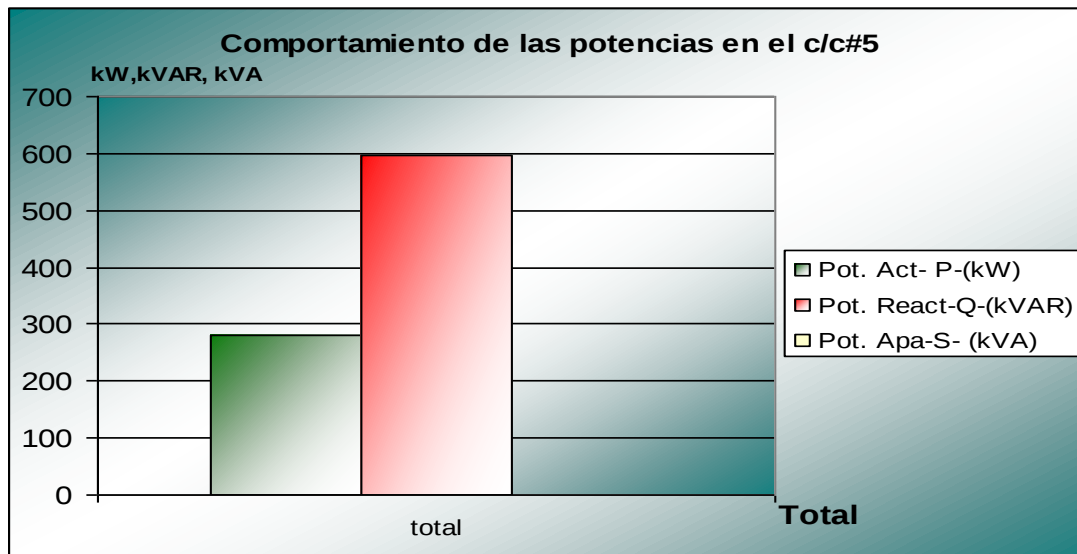


Figura 2.22 Gráfico del comportamiento de las potencias en el c/c # 5

En la **fig. 2.23** siguiente se ve la estructura de la potencia activa y reactiva, donde en todo momento la pot. Reactiva supera a la otra pot. En todo momento sin tener ningún tipo de variación.

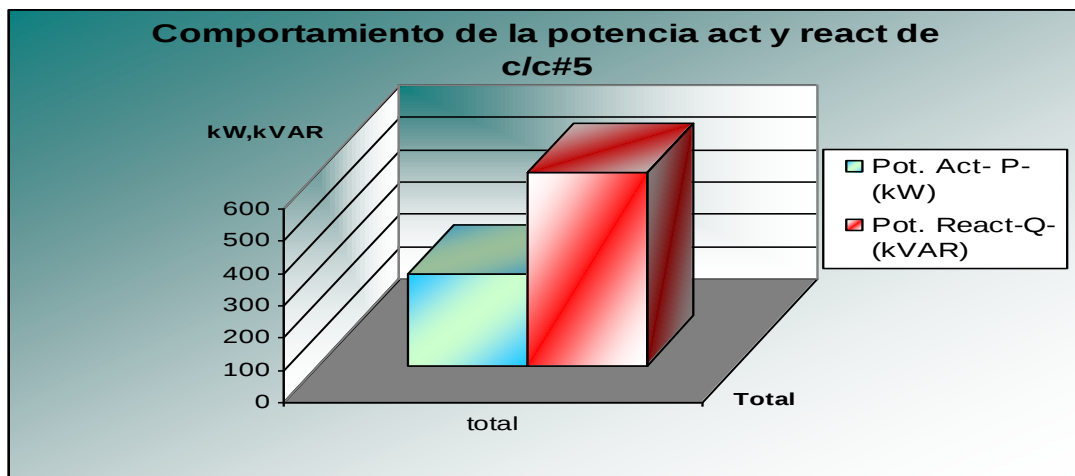


Figura 2.23 Gráfico del comportamiento de la potencia act. y Rect. Del c/c # 5

Autor: Yoel Hernández Rojas

❖ **Análisis al centro de carga menos significativo centro # 6:**

En la **fig. 2.24** Siguiente se puede apreciar el comportamiento de las potencias de este centro de carga y llegar a la conclusión de que la potencia aparente es mayor que las otras dos potencias, observándose que este centro de carga esta prácticamente trabajando en vacío y no hay mucha diferencia entre el reactivo y el activo.

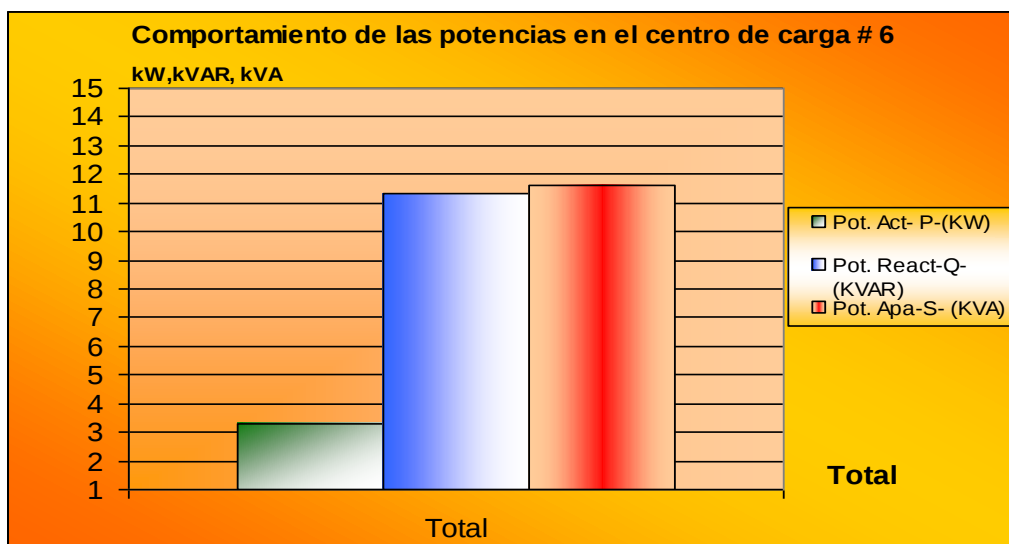


Figura 2.24 Comportamiento de las potencias en el c/c

En la **fig. 2.25** se observa el comportamiento de la potencia activa y reactiva y se ve que no hay casi consumo de reactivos en este centro de carga por lo que esta por gusto.

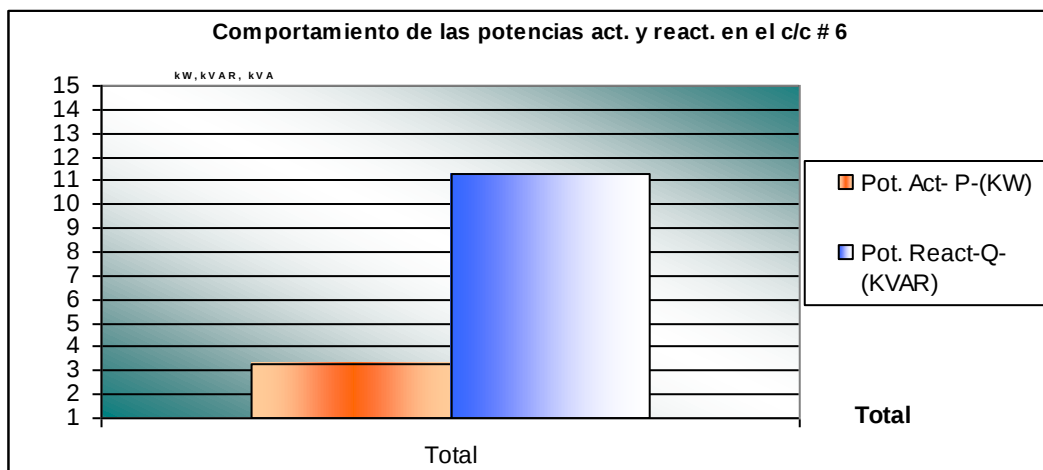


Figura 2.25 Comportamiento de las potencias activas y reactivas

Autor: Yoel Hernández Rojas

2.13 Deficiencias detectadas en el CAI:

- En la industria no hay seccionalización de los circuitos de alumbrado en las áreas de tándem, generación de vapor, purificación, fabricación y taller de locomotoras.
- En total en la empresa existen 160 lámparas de 40 W que aún no se han cambiado por lámparas eficientes de 32 W.
- En la industria existen 18 Lámparas de diferentes tipos y potencias (altas consumidoras) que permanecen encendidas las 24 h.
- El compresor Ruso tiene salidero de aceite por las tapas y juntas.
- Falta de aislamiento térmico en el eje conectivo de las Calderas # 1 y 2.
- Salidero de condensado en la tubería que va al pailón, salidero de vapor en la tubería de vapor que alimenta la turbina de la bomba de alimentar agua a las Calderas en caso de emergencia y su válvula seccionalizadora no cierra herméticamente pasándole vapor a esta turbina.
- En la planta de tratamiento de agua existe un salidero por la soldadura de la tapa del filtro mecánico # 1 y salidero por el eje del reactor.
- No existe registro primario de utilización de la planta tratamiento de agua y no poseen Modelo de control de agua alimentar calderas.
- En la industria existen cables desorganizados en los servicios de menor importancia como alumbrados y secundarios de transformadores secos.
- En la industria tienen en el C/C # 6 un Transformador de 1000 kVA trifásico subcargado, casi en vacío.
- En la industria en los C/C # 3, 4, 5 y 6; hay problemas con la señalización por falta de lámparas y de bombillos.
- En el sistema de aire comprimido existe la válvula del tanque colector # 2 que presenta problemas con el cierre.
- Equipos en mal estado en la planta de tratamiento de agua:
 - Tanque de salmuera.
 - Piscina de agua tratada sin techo.

- Tanque de condensado sin techo y en malas condiciones de explotación.
- Es deficiente la señalización lumínica en los sistemas de izaje y la sonora no existe.
- En la industria en la Sala de Control hay problemas con la hermeticidad por fugas por debajo y por encima de la puerta y la misma no posee mecanismo de cierre. En la Sala de Control de Generación de Vapor la puerta no tiene hermeticidad

2.14 Conclusiones:

En el presente capítulo fueron objeto de análisis los consumos históricos de portadores energéticos, mediante el cual se pudo constatar que los mayores consumos de la empresa recaen en la Electricidad con un **64,30%** y el Fuel Oil con un **27,10%**. En la empresa se detectó que existe una mala contratación de la demanda por lo que son penalizados con un costo de **\$ 31 595,66**. Dentro el análisis se pudo observar que poseen un factor de potencia de 0.83, se establecieron los Índices de consumo del CAI. Mediante el diagnóstico energético realizado se conocieron los problemas existentes con respecto al nivel de conocimiento de los trabajadores sobre gestión y eficiencia energética, al estado del equipamiento y las instalaciones, los cuales afectan la operatividad y fiabilidad del sistema.

CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN EN EL CAI LOYNAS HECHAVARRÍA.

Introducción:

En los últimos años el ahorro de energía ha adquirido una importancia cada vez mayor en Cuba, lo cual básicamente por razones energéticas y ambientales, también es una tendencia mundial, así como la calidad de la energía ya que se considera en el mundo como un patrón que afecta la calidad de los servicios. A partir de que especialistas y trabajadores viven trabajando sostenidamente en la búsqueda de nuevas soluciones que garanticen el buen funcionamiento de la tecnología, estas se encuentran en un proceso de cambio, por tanto, requieren de una especial atención y su posible aplicación está determinada por los resultados que se obtengan en cada investigación dentro de las condiciones actuales.

Este capítulo tiene como objetivo proponer las medidas organizativas e inversiones necesarias para mejorar la eficiencia y la gestión energética en la empresa, a partir de las ineficiencias detectadas en el proceso del diagnóstico energético aplicado, la actualización y propuesta del sistema de gestión energética eficiente, el plan de medidas de ahorro y la propuesta de dar los primeros pasos en la implantación de un sistema automatizado para la gestión energética en la empresa.

3.1 Evaluación del sistema de iluminación:

En el análisis de iluminación se hizo un levantamiento de la cantidad de lámparas, cuyo resultado se recogen, donde se pudo comprobar que existen aun un número considerables de lámparas que podrían ser sustituidas, de 40 W por 32 W. Esto le traería a la empresa un beneficio producto a que si se hacen estos cambios se ahorran anual una buena suma de dinero; es decir:

Por Desconexión	Beneficios potenciales	
	kWh/año	\$ /año
Desconexión durante el día de 18 lámparas que están permanentemente encendidas durante la zafra	5 733	974.61

Método de cálculo:

Los beneficios potenciales se pueden obtener empleando los siguientes datos y ecuaciones:

Potencia de las lámparas (W)	150	250	400	Potencia
Cantidad	4	11	3	Total (W)
Potencia (W)	600	2750	1200	4550

Tiempo de trabajo actual en zafra = 24h x 105 días = 2 520 h

Tiempo de trabajo propuesto = 12h x 105 días = 1 260 h

Energía Ahorrada (kWh) = $\frac{\text{Potencia Total} \times \text{Tiempo propuesto}}{1000}$

Por Cambios de Lámparas	Beneficios potenciales	
	kWh/año	\$/año
Cambiando de 160 lámparas de 40 W por lámparas eficientes de 32 W	2 448	416.16

Método de cálculo:

La energía ahorrada se puede obtener empleando los siguientes datos y ecuaciones:

Área	Cantidad de lámparas	Horas de trabajo (h)	Días del año
Industria	60	12	105
Oficinas	100	8	288

Potencia ahorrada (W) = 40 – 32 = 8

Energía Ahorrada Anual (kWh/año)= Potencia ahorrada x Cantidad de lámparas x Horas de trabajo x Días del año.

3.2 Cálculo de las pérdidas por transformación en el transformador:

La energía ahorrada se puede obtener empleando los siguientes datos y ecuaciones:

Para determinar las pérdidas totales que se producen en un transformador de distribución se emplearon los siguientes datos y ecuaciones:

Por Transformación	Beneficios potenciales	
	kWh/año	\$/año
Pasar la carga del C/C # 6 para el C/C # 5, para enfriar Transformador de 1000 kVA del C/C # 6 que esta subcargado (casi en vacío 2 %).	22 491	3 823.47

Método de cálculo:

La energía ahorrada se puede obtener empleando los siguientes datos y ecuaciones:

Para determinar las pérdidas totales que se producen en un transformador de distribución se emplearon los siguientes datos y ecuaciones.

(PT) Pérdidas en el Hierro (ver tabla Anexo # 3_)	2.6
(T3) Tiempo en horas en que está energizado el Transformador (720h al mes)	720
(FP) Cálculo de acuerdo al CEE ó 0,8 si no se mide reactivo.	0.4
(Pcu) Pérdidas en el Cobre (ver tabla Anexo #3).	11.1
(T1) Tiempo de trabajo en que interactúa la carga.	720
(kVAr)kVA nominales.	1000
(kWh)Consumo del mes	3600

Ecuación para determinar la Potencia Aparente Real (kVAr):

$$KVar = \frac{KWh}{T1 \times fp}$$

Ecuación para determinar las pérdidas totales (Pt) que se producen en un Transformador de Distribución al mes:

$$Pt = Pfe \times t3 + \left(\frac{KVar}{KVAn} \right)^2 \times Pcu \times t1$$

3.3 Característica del Bagazo y la caldera:

Si tomamos en cuenta que en la zafra pasada se generaron 8 704 360 kW, estos kW dejados de generar (845 040) por concepto de pérdidas térmicas significaría el 9.7 % de esta generación.

Evaluación	Beneficios potenciales	
	kWh/año	\$/año
Elevación de la temperatura del agua de alimentar las calderas	845 040	143 656.8

Método de cálculo:

Según Manual de Ahorro MINAZ y Cálculos Rápidos Comisión Nacional de Energía parte 1.

Poder Calórico Inferior del Bagazo (PCI) para 50 % de humedad: 1837 kCal/kg

Diferencia de temperatura del agua de alimentar respecto a la ideal: 25 °C

Energía suministrada adicionalmente: 25 KCal.

Por cada tonelada de agua fría que alimentemos la caldera necesitaremos transferirle 25 000 kCal de más, para poder llevarla a los mismos parámetros de presión y temperatura que cuando alimentamos condensado a 100°C. Podemos calcular la cantidad de bagazo (Kg.) que se quema en las Calderas para elevar la temperatura al agua de alimentar:

$$\text{Cantidad de Bagazo} = \frac{\text{Cantidad de calor transferido adicionalmente}}{\text{Poder calórico del bagazo}}$$

Esta cantidad de energía equivale a: 14 kg de Bagazo

Norma potencial del ingenio: 4 025 Tn/día

Plan de cumplimiento de la Norma potencial es del 85 %: 3 421.2 Tn/día. Base para los cálculos referidos a 24 horas.

El 30 % de la caña es bagazo: 1 026.4 Tn/día con una generación de vapor de 100 Tn/h.

Esta diferencia representaría para 100 Tn/h de agua alimentar: 1.4 Tn bagazo x horas, al día 33.6 Tn bagazo, esto representa el 3.3 % de la molida diaria (bagazo producido).

Tomamos Índice de generación de las calderas 2.47 kg vapor / kg bagazo:

Caldera de 45 Tn / h: consumo de bagazo 18.2 Tn /h.

Caldera de 55 Tn / h: consumo de bagazo 22.2 Tn /h.

Consumo específico del Turbogenerador: 10.33 kg de vapor/kW generado

En generación de vapor: Se dejan de producir 83.1 Tn de vapor (Referido a 24 horas).

En el turbogenerador: Se dejan de generar 8 048 kW diariamente, en la zafra de 105 días son 845 040 kW que si se los dejaran de consumir del SEN significarían un beneficio económico de \$ 143 656.8.

Resumiendo se gasta bagazo para calentar el agua de alimentar las calderas que es vapor que dejas de producir y que de pasar por el turbo es energía eléctrica que se deja de generar con su correspondiente impacto en el mejoramiento de todos sus índices de eficiencia energética.

Aislamiento	Beneficios potenciales	
	kWh/año	\$/año
Falta de aislamiento térmico en tuberías	54 915	9 335.55

Método de cálculo:

La energía ahorrada se puede obtener empleando los siguientes datos y ecuaciones:

Tubería	Diámetro de la tubería (mm)	Temperatura del Fluido (Tf) (°C)	Longitud de tubería sin aislamiento (m)	Pérdidas de calor diarias (k/Cal/día)
Paulin 1y 2	192	110	80	846 720
Vasos 1y 2	192	100	60	604 800
Al Pailón	384	100	25	420 000
Vapor de escape	864	127	3	14 400
Vapor directo	336	310	12	1 512 000
Bba de alimentar Caldera	96	200	30	566 644
Alimentar caldera	120	75	25	119 400
TOTAL				4 083 964

Asumiendo la temperatura ambiente (T_a) de 34°C , se calcula la diferencia de temperatura ($T_f - T_a$) y con el diámetro de la tubería se va al Nomograma de Wrede (Ver anexo #) para determinar las Pérdidas de calor por metros lineales de tubería kCal/h , y luego aplicamos la siguiente ecuación:

Pérdidas de calor diarias = Pérdidas de calor por metros lineales de tubería kCal/h x Longitud sin aislar (m) x factor para temperatura ambiente distinta de 20°C x 24 horas.

Conociendo el poder calórico inferior del bagazo (1Kg de bagazo aporta 1837 kCal) podemos calcular la cantidad de bagazo (T_n) que se quema en las Calderas para producir estas pérdidas de calor aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad de Bagazo} = \frac{\text{Pérdidas de calor diarias}}{\text{Poder calórico del bagazo} \times 1000}$$

Esto tiene como consecuencias:

- En los equipos consumidores de vapor (directo y escape): Aumenta el consumo específico de vapor.
- En los generadores de vapor: Energía adicional que hay que suministrarle al agua de alimentar.

Estas 2.2 Tn de bagazo desperdiciadas en pérdidas de calor podrían generar:

$$T_n \text{ de vapor} = \frac{\text{Cons esp. de vapor (Kg vapor/Kg bagazo)} \times \text{Kg de bagazo perdidos}}{1000}$$

En generación de vapor: Se dejan de producir 5.4 Tn de vapor diariamente.

$$\text{kW sin generar} = \frac{\text{Consumo especifico del turbo (Kg vapor/kW generado)}}{\text{KG de vapor dejados de generar} \times 1000}$$

En el turbogenerador: Se dejan de generar 523 kW diariamente que en 105 días de Zafra son 54 915 kW que si se los dejaran de consumir del SEN significarían un beneficio económico de \$ 9335.55.

3.4 Oportunidades de ahorro potenciales por el mejoramiento de factor de potencia:

El CAI conectando los capacitores que tienen desconectados mejora anual una buena suma de dinero que lo puede emplear en otras cosas como en estimulación a los más destacados en la producción o en alguna inversión para la empresa.

Por Factor de Potencia	Beneficios potenciales
	\$/año
Mejora del Factor de Potencia	31595.66

Método de cálculo:

Los beneficios económicos se pueden obtener empleando los siguientes datos y ecuaciones:

Centros	CAI
(Ippa) Importe por penalización anual	34 228.15
(Itpa) Importe total promedio anual	246 728.73

Ecuación para determinar el Importe por FP= 0.9 anual (IFP=0.90)

$$IFP(0.90) = Itpa - Ippa$$

Centros	CAI
Importe por FP= 0.9 anual (IFP=0.90) (\$)	212 500.6

Ecuación para determinar el Importe por Bonificación por elevar el FP a 0.94 (IFP=0.94)

$$IFP(0.94) = \left[\left(\frac{0.92}{0.94} \right) - 1 \right] \times IFP(0.90)$$

Centros	CAI
Importe por Bonificación por elevar el FP a 0.94 (IFP=0.94) (\$)	4 521.3

Ecuación para determinar el Importe Ahorrado Anualmente (IAA).

$$IAA = Ippa + IFP(0.94)$$

Centros	CAI
Importe Ahorrado Anualmente (IAA) (\$)	38 749.4

3.5 Oportunidades de ahorro potenciales por la contratación de la demanda:

Es incorrecta la contratación de la Máxima Demanda de la industria en zafra y no zafra, por lo cual son penalizados en zafra y en no zafra pagan en exceso. Ahora recontratando la demanda ellos se ahorran al año \$ 23355.

Contratación de la Demanda	Beneficios potenciales	
	kWh/año	\$/año
Correcta contratación de la Máxima demanda de la Industria	-	23 355

Método de cálculo:

Los beneficios económicos se pueden determinar empleando los siguientes datos y ecuaciones:

Período de no zafra:

(DMC) demanda máxima contratada:	400
(DMRP) demanda máxima real promedio:	58
(DMR) demanda máxima registrada:	62
(PKDC) precio por cada KW de demanda contratada:	5

Ecuación para el cálculo de la máxima demanda contratada propuesta (MDP):

$$MDP = \frac{DMRP \times 100 \%}{80 \%}$$

Ecuación para el cálculo del beneficio potencial (BP) (\$/año):

$$BP = (DMC - MDP) \times PKDC \times 6$$

Ecuación para el cálculo del beneficio potencial (\$/año):

$$BP = PPEDC - PMDP$$

Período de zafra:

(DMRE) Demanda Máxima registrada en exceso en tiempo de zafra (KW)	902
(PKEDC) Penalización por cada kW excedido de la demanda contratada(\$)	15

Ecuación para el cálculo del beneficio potencial (\$/año):

$$BP = DMRE * PKEDC$$

Sumando el beneficio potencial para ambos periodos obtenemos el total del año

3.6 Análisis del consumo de Agua:

Para llevar a cabo el análisis eficiente de los portadores energéticos de una entidad, se hace necesario tener en cuenta al agua como uno más de los portadores energéticos.

Cabe destacar que en el establecimiento no se lleva un estricto control con respecto al agua, a pesar de que es de vital importancia para el proceso productivo. Por observación de la cantidad de agua que llega al reservorio ubicado en el Centro de Limpia Font se estima que el 20 % del agua que se bombea desde la presa Sabanilla se pierde por salideros en la red, esto implica que el 20 % de la energía eléctrica que se consume en el Bombeo de Sabanilla se mal gasta. El consumo promedio anual Bombeo Sabanilla: 210 504 kWh/año, el 20 % equivale a 42 100 kWh/año

Agua:	Beneficios potenciales	
	kWh/año	\$/año
Eliminar salideros de agua en la red del Bombeo de Sabanilla	42 100	7 157

3.7 Principales oportunidades de beneficios detectadas:

#	Descripción	Beneficios Potenciales	
		kWh/año	\$ /año
1	Elevación de la temperatura del agua de alimentar las calderas	845 040	143 657
2	Falta de aislamiento térmico en tuberías	54 915	9 335.55
3	Eliminar salideros de agua en la red del Bombeo de Sabanilla	42 100	7 157
4	Pasar la carga del C/C # 6 para el C/C # 5, para enfriar Transformador de 1000 KVA del C/C # 6 que esta subcargado (casi en vacío 2 %).	22 491	3 823.47
5	Desconexión durante el día de 18 lámparas que están permanentemente encendidas durante la zafra	5 733	974.61
6	Cambio de 160 lámparas de 40 W por lámparas eficientes de 32 W	2 448	416.16
7	Correcta contratación de la Máxima demanda de la Industria	-	23 355
8	Mejora del Factor de Potencia	-	57 747.2
Total		972 727	246 465.99

3.8 Diagnóstico energético:

El diagnóstico o auditoría energética constituye una etapa básica, de máxima importancia dentro de todas las actividades incluidas en la organización, seguimiento y evaluación de un programa de ahorro y uso eficiente de la energía, el que a su vez constituye la pieza fundamental en un sistema de gestión energética.

Para el diagnóstico energético se emplean distintas técnicas para evaluar grado de eficiencia con que se produce, transforma y usa la energía. El diagnóstico o auditoría energética constituye la herramienta básica para saber cuánto, cómo, dónde y por qué se consume la

energía dentro de la empresa, para establecer el grado de eficiencia en su utilización, para identificar los principales potenciales de ahorro energético y económico, y definir los posibles proyectos de mejora de la eficiencia energética.

En resumen, los objetivos del Diagnóstico Energético son:

- *Evaluar:* cuantitativamente y cualitativamente el consumo de energía.
- *Determinar:* la eficiencia energética, pérdidas y despilfarros de energía en equipos y procesos.
- *Identificar:* potenciales de ahorro energético y económico.
- *Establecer:* indicadores energéticos de control y estrategias de operación y mantenimiento.
- *Definir:* posibles medidas y proyectos para ahorrar energía y reducir costos energéticos, evaluados técnica y económicamente

3.9 Establecimiento de los puestos claves, índice de consumo:

Los puestos claves en la instalación son los siguientes:

- Basculadores
- Molinos
- Generación de Vapor

3.10 Propuesta de las medidas organizativas para mejorar la eficiencia energética del CAI:

Dentro del diagnóstico realizado se han presentado una serie de problemas que acarrearán ineficiencias en el proceso productivo, 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.

3.11 Análisis de la matriz DAFO.

1. Debilidad

- En la empresa no se cuenta con un sistema de gestión energética que garantice el mejoramiento continuo de los portadores energético.
- No se concentran los esfuerzos en el control de los principales portadores energéticos.
- No son sistemáticos en el análisis de la demanda promedio en el pico, teniendo algunos incumplimientos respecto a la conveniada con la UEB URE.
- No aprovechan la existencia en la industria de Metrocontadores instalados que de llevar sus registros pudieran realizar “auto lecturas” que permitan los análisis por diferentes áreas (C/C, Sectores, Talleres, Plantas, etc.)

2. Amenaza

- Las incidencias de los portadores energéticos sobre los gastos totales de la empresa.
- El impacto que tienen los portadores energéticos sobre el proceso empresarial.
- Deterioro que de la base energética de la empresa.
- Falta de profundidad en la participación del Sindicato en los análisis energéticos del centro.
- No existe trabajo de divulgación de temas energéticos en los murales y con los trabajadores del centro.

3. Fortaleza

- Potencial que posee la empresa para mejorar el perfeccionamiento de un sistema total de gestión energética.
- Establecer un Programa de Capacitación en el uso racional y eficiente de la Energía para el personal de los Puestos Claves por Áreas.

- Mejoramiento del Sistema de Gestión Energética que permita con medidas técnico organizativas mejorar el control de los índices y planes de consumo de energía.
- Potenciar la divulgación de los temas relacionados con el ahorro y uso racional de la energía eléctrica.

4. Oportunidades

- Reducir los costos de producción mediante el uso eficiente de los portadores energéticos.
- Evaluar sistemáticamente durante el tiempo de zafra el tema energético en los Consejos de Dirección.
- Identificar los trabajadores que más inciden en el ahorro y la eficiencia energética.
- Potenciar la estimulación moral a los trabajadores más destacados en el ahorro y uso racional de la energía eléctrica.
- Fortalecer la aplicación práctica de trabajos de la ANIR y Fórum que contribuyan al ahorro y uso eficiente de la electricidad.
- Actualizar el banco de problemas energéticos.

3.12 Medidas organizativas:

- Actualizar sistemáticamente el plan de medidas de la empresa.
- Desarrollar un programa interno de concientización a todo el personal para elevar el ahorro de los portadores energéticos
- Realizar sistemáticamente un control del consumo de energía por todas las áreas de la empresa.
- Realizar periódicamente el mantenimiento a los equipos de la empresa.
- Enfriar el centro de carga # 6 y pasar la única carga que existe para el c/c # 5.
- Responsabilizar a todos los jefes de turnos y los jefes de las distintas áreas que cumplan con todas las medidas creadas para mejorar la eficiencia de los portadores energéticos.
- Concienciar a los trabajadores del derroche de agua para cerrar las pilas abiertas innecesariamente.

- Reconstruir La Demanda en el tiempo de zafra y en no zafra.
- Lograr llevar las calderas a su máximo nivel. Esto brindara un gran apoyo al SEN.
- Aprovechar las potencialidades de la luz solar en el día y desconectar las luminarias encendidas innecesariamente.
- Realizar acuerdos encaminados a estimular las iniciativas para el uso racional de la energía.
- Crear una comisión de preservación del medio ambiente.

3.13 Medidas de pequeña inversión:

- Instalar metrocontadores de energía eléctrica en las áreas mayores consumidoras para tener una idea más acertada de los consumos por procesos.
- Realizar un estudio más profundo del agua con el objetivo de instalar flujómetros por áreas específicas.
- Sustituir las 160 lámparas de 40 W por lámparas eficientes de 32 W.
- Contratar personas calificadas con el objetivo de impartir cursos de Gestión energética.
- Seccionalizar los circuitos de alumbrado en la empresa.
- Apagar las luminarias encendidas innecesariamente en el transcurso del día.
- Utilizar tejas traslucidas en lugares como el taller de maquinado y el área de fabricación.
- En caso de una rotura detener todos los equipos que se encuentren trabajando innecesariamente.

3.14 Medidas de mediana inversión:

Dentro de las medidas de mediana inversión, tenemos como propuesta mejorar la eficiencia energética mejorando el Factor de Potencia, donde se propone un cálculo para lograr obtener la adquisición de un banco de condensadores con vista a aumentar la calidad del servicio eléctrico dentro el centro.

3.15 Cálculo del Banco de condensadores:

La empresa ha sido penalizada por bajo Factor de Potencia en el año 2009 (tiempo base utilizado para nuestro estudio), por lo que proponemos mejorar este Factor de Potencia mediante la instalación de un banco de condensadores. Logrando disminuir el consumo de reactivo con la consecuente mejora del factor de potencia, donde nos permite la disminución de las pérdidas en todo el sistema, donde podemos liberar capacidades en los equipos, reduciendo las caídas de tensión, así como lograr que la instalación en su conjunto tenga un factor de potencia superior. Esto nos trae como consecuencia una reducir 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. 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, lo que se hace necesario llevar de la mano estos elementos inversamente proporcionales para solucionar satisfactoriamente el problema. De acuerdo con las mediciones realizadas la empresa posee un factor de potencia promedio de 0.83 el cual se desea elevar a 0.93, para ello es necesario multiplicar la potencia activa promedio de la instalación (tomadas por las mediciones realizadas) por el coeficiente K del Centro de Carga que esta siendo calculado.

Nº Centro de Carga	FP
C/C # 1	0,89
C/C # 2	0,93
C/C # 3	0,86
C/C # 4	0,80
C/C # 5	0,88
C/C # 6	0,3

Datos:

Sr.- Potencia Aparente real medida

Sn- Potencia Aparente nominal del Transformador

Pa- Potencia activa medida

Ql- Potencia reactiva real medida

CosφAC- Factor de Potencia antes de la compensación

CosφAC- Factor de Potencia después de la compensación

Pt AC- Pérdidas totales antes de la compensación

Pt DC- Pérdidas totales después de la compensación

ΔPt- Ahorro en pérdidas después de la compensación

Qc- 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

ΔU1- Variación de la tensión antes de la compensación

ΔU2- Variación de la tensión después de la compensación

X- Reactancia de la línea

R- Resistencia de la línea

Pcu- Pérdidas en el cobre

Pfe- Pérdidas en el hierro

S2- Potencia reactiva después de la compensación

T3=T1- Tiempo de trabajo del transformador al mes en horas

Sr= 608,6 kVA

cosφAC= 0,87

Sn= 1000 kVA

cosφDC= 0.94

Pa= 530,4 kW

R=0.1375

Ql= 292,3 kVAr

X = 5.7

T3=T1=2520

Cálculo de las pérdidas totales antes de la compensación.

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

$$P_t AC = 2,594 \cdot 2520 + (608,6/1000)^2 \cdot 11,115 \cdot 2520$$

$$P_t AC = 16911,54 \text{ kW/105 días de zafra}$$

$$Q_c = P_a \cdot k$$

$$Q_c = 530,4 \cdot 0.204$$

$$Q_c = 108,20 \text{ estandarizado} \approx 150 \text{ CkVAr}$$

Luego estandarizamos la capacidad del banco de condensadores para poder realizar el cálculo de las nuevas pérdidas en el transformador, la misma será de 150 **CkVAr**.

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}):

$$Q_{sist} = Q_l - Q_c \quad (2.4)$$

$$Q_{sist} = 292,3 - 150$$

$$Q_{sist} = 142,3 \text{ CkVAr}$$

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

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

$$S_2 = \text{raiz} (530,4^2 + 142,3^2)$$

$$S_2 = 549,16 \text{ kVA}$$

Comprobación del $\cos\phi$

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

$$\cos\phi = 530,4 / 561,44$$

$$\cos\phi = 0.94$$

Pérdidas totales después de la compensación

$$Pt\ DC = P_{fe} \cdot T1 + (S^2 / kVA_n) \cdot P_{cu} \cdot T3$$

$$Pt\ DC = 2,594 \cdot 2520 + (549,16 / 1000) \cdot 11,115 \cdot 2520$$

$$Pt\ DC = 14983,98\ \text{kW/105 días de zafra}$$

Ahorro en pérdidas después de la compensación

$$\Delta Pt = Pt\ AC - Pt\ DC$$

$$\Delta Pt = 16911,54 - 14983,98$$

$$\Delta Pt = 1927,56\ \text{kW/105 días de zafra}$$

Capacidad liberada

$$kVA1 = P / \cos\phi1$$

$$kVA1 = 530,4 / 0,87$$

$$kVA1 = 609,66$$

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

$$kVA2 = 609,66 \cdot (0,87 / 0,94)$$

$$kVA2 = 564,66$$

$$kVAL = kVA1 - kVA2$$

$$kVAL = 609,66 - 564,26$$

$$kVAL = 45,4$$

Variación de tensión antes de la compensación

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

$$\Delta U1 = (0,1375 \cdot 530,4 + 5,7 \cdot 292,3) / 480$$

$$\Delta U1 = 3,62\ V$$

Variación de tensión **después de la compensación**

$$\Delta U2 = \Delta U1 - (XQc/V)$$

$$\Delta U2 = 3,62 - (5,7 \cdot 292,3 / 480)$$

$$\Delta U2 = 0,14 \text{ V}$$

Tabla 3.1: Cálculos con el nuevo reacomodo de carga de los transformadores equivalentes

Centro de cargas	CC#1	CC#2	CC#3	CC#4
P(kW)	694	516	360	530
Q (kVAr)	194	266	266	292,3
S (kVA)	756	523	541	608,6
Cosφ AC	0,91	0,86	0,8	0,87
Cosφ Deseado	0,94	0,94	0,94	0,94
Pérdidas AC	22545,49	14198,37	14734,82	16911,54
Pérdidas DC	7050,24	8414,06	10543,9	14983,98
Ahorro pérdidas	15495,25	5784,31	4190,92	1927,56
Qc	75	150	150	150
Qsist	119	116	116	142,3
S2	135,38	1528,88	378,23	549,16
KVAL	47,91	52	124,06	45,4
ΔU	0,2	0,15	0,15	0,14
Reajustados	X	X	X	X

3.16 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.

Autor: Yoel Hernández Rojas

➤ **Costo de los Banco de condensadores:**

De acuerdo con el servicio de la empresa eléctrica ellos valoran los bancos de acuerdo con la cantidad de vasos que tenga, prestan servicios con vasos de 15 ckvar, 25 ckvar y 50 ckvar. 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. El precio de los vasos es igual ya sea de cualquiera de las 3 capacidades.

✓ **Precio de los vasos:**

Cada vaso: **499\$**

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

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

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

Costo de pararrayos: **100\$**

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

Costo equipo central: **100\$**

Costo Total: 1116,41\$

Tabla 3.2: Costo de los bancos.

Centro de carga	Capacidad del Banco	# de vasos	15 CkVAr	25 CkVAr	50 CkVAr	Costo total \$
CC#1	75	3	0	3	0	4699,23
CC#2	150	3	0	0	3	4699,23
CC#3	150	3	0	0	3	4699,23
CC#4	150	3	0	0	3	4699,23
TOTAL	525	12	0	3	9	18796,92

Ahorro en Pérdidas Eléctricas:

Cuando se realiza la compensación en cualquier empresa, en esta se reduce en gran medida las pérdidas, por lo que todo esto permite un ahorro monetario.

Tabla 3.3: Ahorro en pérdidas eléctricas.

Centros de carga	Pérdidas AC	Pérdidas DC	Ahorro por pérdidas
CC#1	22545,49	7050,24	15495,25
CC#2	14198,37	8414,06	5784,31
CC#3	14734,82	10543,90	4190,92
CC#4	16911,54	14983,98	1927,56
TOTAL	68390,22	40992,18	27398,04
COSTO \$			4383,69

Tiempo de recuperación de la inversión.

$Ta = \text{Inversión Total} / (\text{penalizaciones} + \text{ahorro pérdidas})$

$Ta = 18796,92 / (31595,66 + 4383,69)$

$Ta = 0.52$ aproximadamente 5 meses.

3.17 Las de medida de Ahorro de La Empresa:

El plan de medidas de ahorro de la empresa no se encuentra totalmente ajustado a las necesidades del incremento de la eficiencia energética y el ahorro de energía, por lo cual proponemos incorporarle las siguientes medidas con el objetivo de aprovechar al máximo las reservas de energía existentes en la empresa.

- Planificar la ejecución de inspecciones y auditorías energéticas a nivel de áreas, de forma que queden en cada una de ellas bien definidos donde están las dificultades, cuantificando las pérdidas y dictando las medidas concretas y necesarias para su erradicación.
- Con la utilización del personal calificado, elevar el nivel de preparación profesional del personal del grupo de economía energética, de forma que sea capaz de enfrentar cualquier reto técnico que se le presente.
- Asegurar la máxima organización y control de la contabilidad de los portadores energéticos.
- Mejorar la organización del proceso productivo con el objetivo de disminuir los consumos en el horario pico.
- Controlar los parámetros técnicos y operacionales de los puestos claves establecidos en este análisis.
- Revisar y mantener en buen estado las trampas de vapor.
- Recuperar todo el condensado posible de vapor producido, con el propósito de reintegrarlo al ciclo.
- Mantener calibrados y en buen estado los instrumentos de medición.
- Evaluar la utilización de un precalentador de combustible y aire para mejorar la eficiencia de combustión en la caldera.
- Verificar y mantener en buen estado los medios de transmisión motor-carga.
- Efectuar y controlar el acomodo de carga.
- Evaluar una mayor utilización de la luz solar en aquellos lugares que sea posible.

❖ **Plan de Medida de ahorro en el área de basculador y molino:**

- 1- Apagar alumbrado innecesario en horarios del día.
- 2- Hacer un uso óptimo de las máquinas de soldar y desconectar después del trabajo.
- 3- No dejar equipos encendidos innecesariamente.
- 4- Si hay roturas prolongadas detener todos los equipos que se encuentren trabajando.
- 5- Garantizar la desconexión de los equipos estatales de climatización que no cumplan las siguientes condiciones:

- 6-El aire acondicionado debe estar ajustado para garantizar la temperatura de confort en el local (**24 grados Celsius**).
- 7- El local tiene que estar debidamente sellado y no existir fugas de aire.
- 8- Deben cumplirse los ciclos de mantenimientos de los equipos de climatización principalmente la limpieza de sus filtros.
- 9- Si el local tiene ventanas de cristal en la que incide el sol directamente, deben tener quiébraseles o papeles refractares.
- 10- Si el local tiene aire acondicionado de ventana, tiene que ser un equipo eficiente (similar o de las mismas características de los instalados en el programa de cambio de equipos electrodomésticos).

3.18 Conclusiones:

En este capítulo se dieron a conocer las Ineficiencias que se detectaron en el central, se realizaron los cálculos para las principales oportunidades de beneficios detectadas de **246 465.99\$** al año por eliminar los problemas detectados, se realizó un gran análisis a fondo de la matriz DAFO, Se propusieron las medidas de pequeña inversión para el ahorro de Energía, se realizó la valoración económica de las medidas de media inversión y se estimó la recuperación de la Inversión en un tiempo de **5 meses**.

Recomendaciones:

- Utilización de la iluminación localizada en los puestos de trabajo del taller de maquinado.
- Crear programa de inspecciones por áreas para verificar el uso racional de la 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.
- Incorporar a los análisis de eficiencia de la industria los siguientes índices :
- $IC \text{ (kWh/Tn Caña Molida)} = \frac{Cmo \text{ SEN} + Gción \text{ Entrega SEN}}{Tn \text{ Caña Molida}}$
 - $Tn \text{ Caña Molida}$
- Índice neto (kWh/Tn Caña Molida) = Índice de Generación – Índice de Consumo total
- Aplicar pinturas anticorrosivas a las bombas de salmueras y otros equipos de la planta de tratamiento de agua.
- Instalar termómetro en el colector de succión de las bombas de alimentar las Calderas para evitar subenfriar demasiado el condensado.
- Mantener la limpieza periódica de los filtros de las tomas de aire de los compresores.
- Implantar un programa de mantenimiento de las trampas de vapor.
- Realizar estudio para reajustar la capacidad instalada en transformadores secos y monofásicos de alumbrado de acuerdo a las necesidades propias.
- Instalar sistema presurizado de recuperación de condensado y alimentar calderas.
- Electrificar el tándem.
- Ampliar la capacidad de generación de electricidad en 4 MW más.
- Realizar balance energético del CAI.

Conclusiones:

Dentro los resultados del estudio realizado se demuestra que, el mayor logro de esta investigación está en el hecho de que permitió conocer cuál es el estado técnico y organizativo de nuestra industria azucarera, porque aunque se tenían evidencias de los bajos niveles de eficiencia, con anterioridad no habían sido contabilizados en detalle, lo que fue logrado con el trabajo, lo que permitió arribar a las siguientes conclusiones:

- ✓ Se lograron establecer las reservas en los portadores energéticos en la empresa.
- ✓ Se demostró que el portador más significativo en el CAI es la electricidad.
- ✓ Conocimos que el portador de mayor gasto monetario es el combustible, con un **985,6 MP**
- ✓ Se demostró que el Horario de mayor Consumo es el del día.
- ✓ Se logró el reajuste de la demanda contratada hasta **2800 kW** en el tiempo de zafra y **200 kW** en el tiempo de no zafra lográndose un ahorro de **\$ 23 355 año.**
- ✓ Se logró un ahorro de **\$ 3 823.47 al año**, al desconectar los transformadores que están a baja carga y en vacío.
- ✓ Al realizar la compra del banco de condensadores con el nuevo ajuste de las cargas para mejorar el factor de potencia, se ahorrarían **\$57 747.2 año.**
- ✓ La Inversión realizada se recuperaría en un tiempo máximo de **5 meses.**
- ✓ Logrando eliminar todo los salideros de las tuberías de vapor, se lograría un ahorro de **9 335.55\$ al año.**
- ✓ **En generación de vapor:** Se dejan de producir 83.1 Tn de vapor (Referido a 24 horas.
- ✓ **En el turbogenerador:** Se dejan de generar 8 048 kW diariamente, en la zafra de 105 días son 845 040 kW que si los dejaran de consumir del SEN, lo que significaría un beneficio económico de **\$ 143 656.8.**

Recomendaciones:

- Continuar con la investigación para lograr un uso racional de todos los portadores y su futura aplicación en la empresa.
- Utilizar este trabajo como base de estudio para los estudiantes del ISMM.

Bibliografía:

1. Acosta Marrero, Gustavo. Sicrometría práctica del aire exterior. Editorial científico - técnica. 1999. 126 pág.
2. ASHRAE Handbook 2001, Consulta Técnica.
3. Blanco Lucas, Irene. Factores del comportamiento de habitantes del sector residencial y su incidencia en el consumo energético. www.unsj.edu.ar./arquitect/.
4. Borroto Nordelo, A. Ahorro de energía en sistemas termomecánicos. Cienfuegos, 2002; Pág 158.
5. Borroto Nordelo. A. Gestión energética empresarial; CEEMA, PAEC. Universidad de Cienfuegos, 2001, Pág 81.
6. Borroto Nordelo. A. Los sistemas energéticos y sus costos ambientales; CEEMA. Universidad de Cienfuegos, 1997 Pag 67.
7. Bradiansky V.M. El Método Exergético y sus Aplicaciones. Editorial Energía Atómica. Moscú. 1988. 247 Pág.
8. Cabrera Gorrin, Osmel. Implementación de la TTGEE en el Hotel Zaza. Tesis presentada en la opción del grado de Master en Ciencias técnica. Año 2002.
9. Cabrera Gorrin, Osmel. Implementación de la TTGEE en el Hotel Zaza. Tesis presentada en la opción del grado de Master en Ciencias técnica Año 2002 Pag. 42-50.
10. CAMPOS J. C. La eficiencia energética en la competitividad de las empresas, Cienfuegos, 2000
11. Cabrera Gorrin, Osmel. Implementación de la TTGEE en el Hotel Unión. Trabajo de Diploma. Tutor Año 2001.
12. Campos Avella, Juan. C., Dorta, Rafael. La eficiencia energética en la gestión empresarial. Editorial Contactos Mundiales. CEEMA, 91 Pág.
13. Claridge, D. A perspective on methods for analysis of measured energy data from commercial buildings, *ASME Journal of Solar Energy Engineering*.
14. Draper, N. and H. Smith. *Applied regression analysis*, 2nd ed. John Wiley and Sons, New York. 1981.

15. DST. Información interna de los departamentos de servicios técnicos cadena horizontes.
16. FEODOROV, A. A. *Suministro Eléctrico de Empresas Industriales*. 2 ed. La Habana. Editorial Pueblo y Educación, 1993.
17. General Electric. *Capacitors, Arresters and Harmonic Filters*. 2004.
18. *Gestión Energética Empresarial*. Cienfuegos: (CEEMA), 2004.
19. HERNÁNDEZ BATISTA, O. E. *Gestión Energética en el Hotel Miraflores*. Moa. 2008. Reineris Montero Laurencio; Marislaidis Reyes Locadio. Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 2008.
20. Lehman, Harry, Valdivia Sonia. Economía energética internacional. <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/overview.html> , 1999
21. Llanos B. Mauricio. Seminario Internacional sobre políticas Energéticas. <http://fce.unal.edu.co/oce/publicaciones/ponencias.htm>
22. Loper, Joe. Contratos de desempeño. www.conae.gob.mx/ahorro/escos.html. 5 Pág.
23. Monteagudo, José. Implementación de TGTEE en el Hotel Unión. Tesis de diploma.
24. www.energia.com/ . El ahorro energético en la climatización de edificios.

Referencias de anexos:

ANEXO 1: Gestión total eficiente de la Energía.

ANEXO 2: Gestión Total y Eficiente de la Energía.

ANEXO 3: Analizador de Redes de NORTHWOOD DATA LOGGERS LTD.

ANEXO 4: Tablas utilizadas en el cálculo del Sistema de Aire Comprimido.

ANEXO 5. Tablas utilizadas en los Cálculos de las pérdidas por transformación.

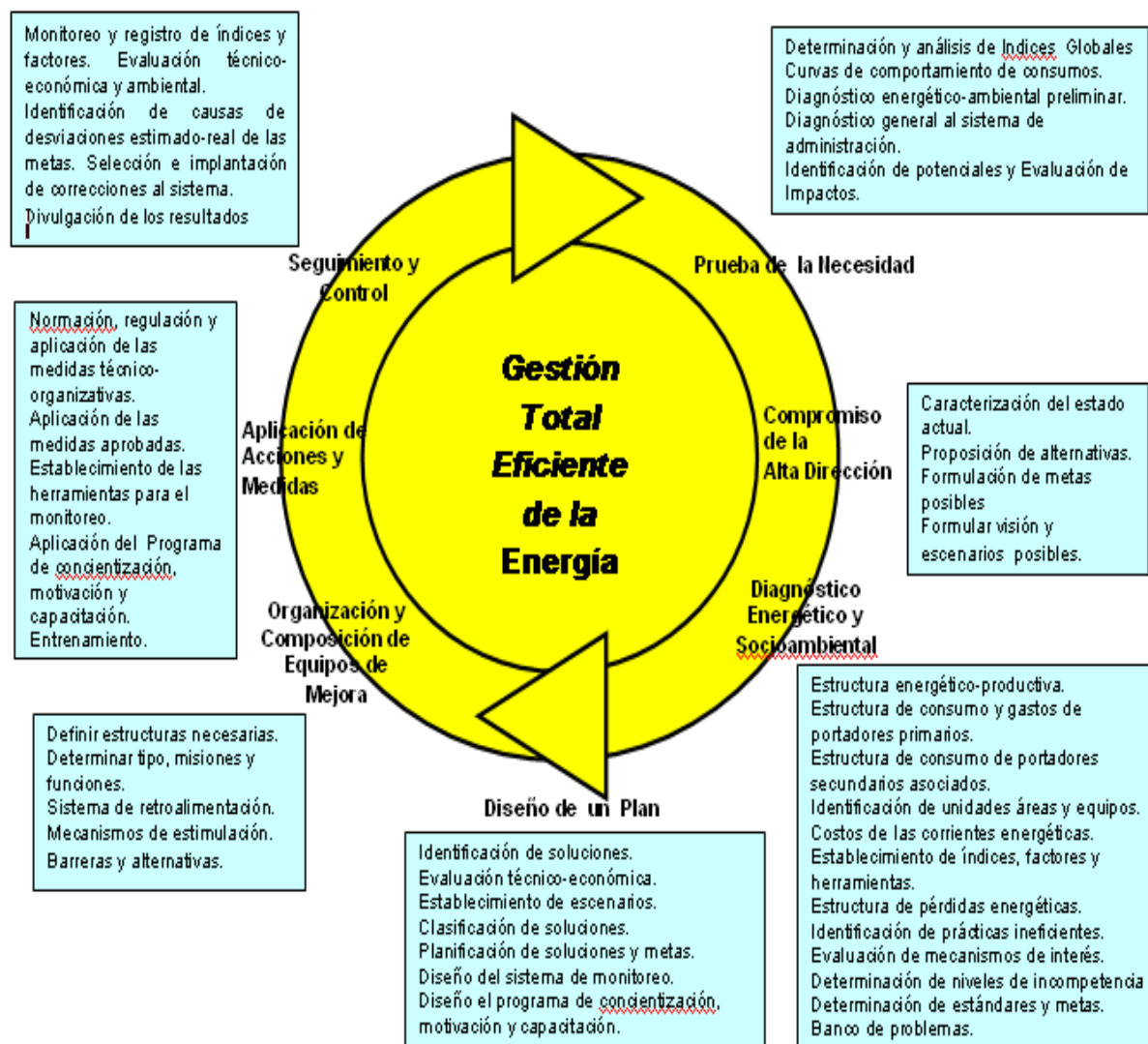
ANEXO 6. NOMOGRAMA DE WREDE.

ANEXO 7: Tabla de buscar el Factor K para el Cálculo de los Bancos de Condensadores.

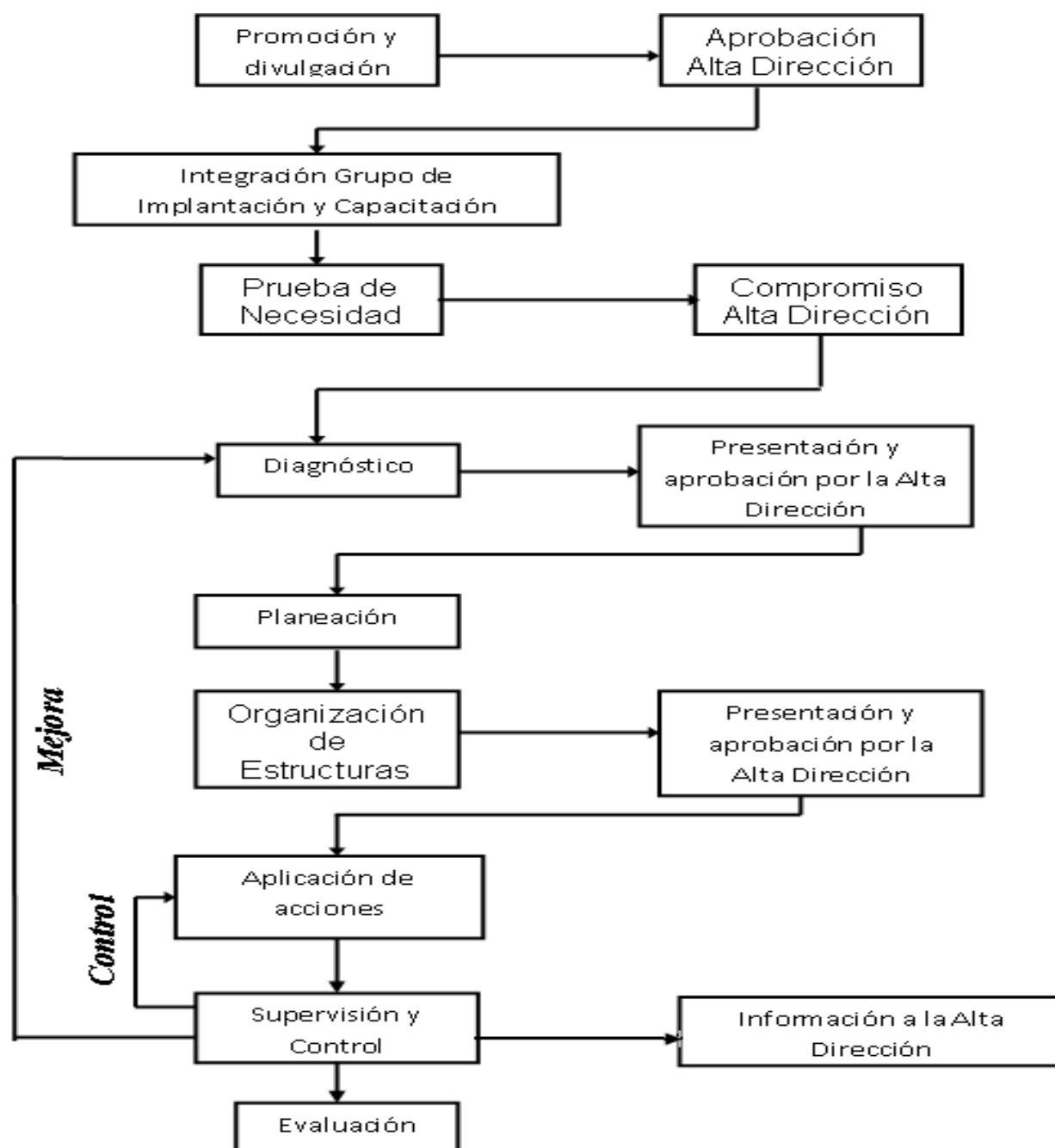
ANEXO: 8 Nuevo monolineal del CAI Loynas Hechavarría

Anexos:

ANEXO 1: Gestión total eficiente de la Energía



ANEXO 2: Gestión Total y Eficiente de la Energía



ANEXO 3: Analizador de Redes de NORTHWOOD DATA LOGGERS LTD



ANEXO 4: Tablas utilizadas en el cálculo del Sistema de Aire Comprimido.

Tabla para determinar (Ga)

Diámetro del Agujero (mm)	Presión del aire (kg/cm ²)					
	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 5. Tablas utilizadas en los Cálculos 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	P_{cu}(kW)	P_{fe}(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

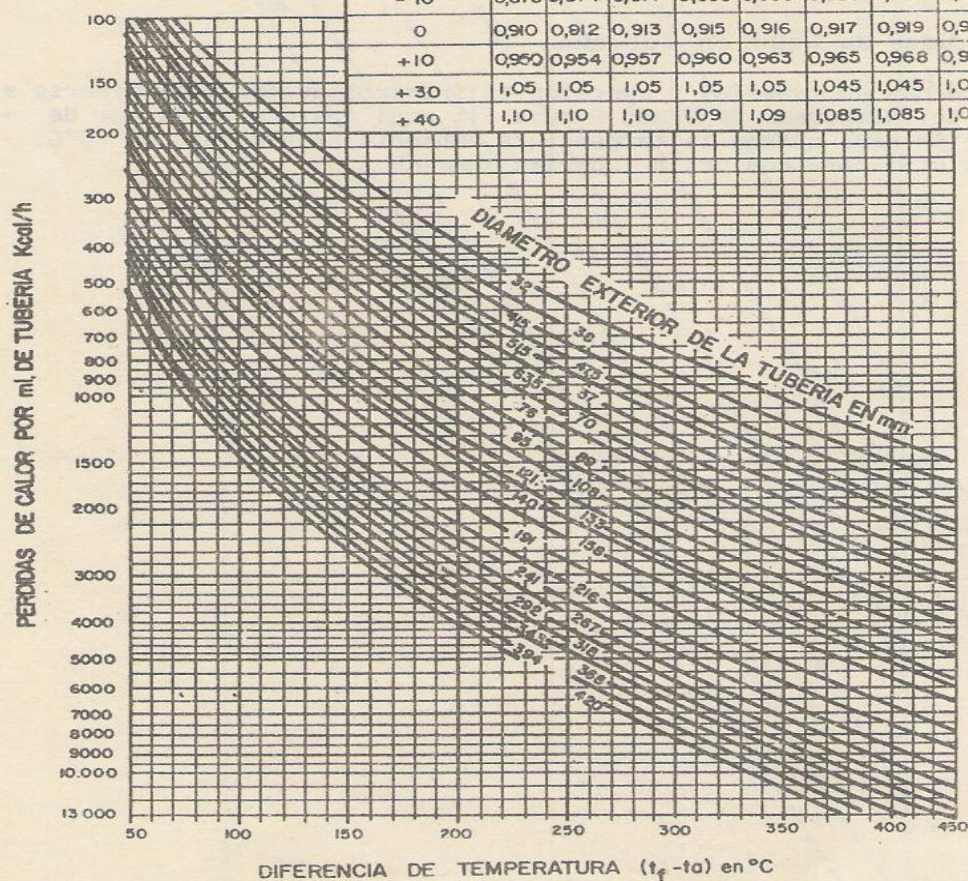
ANEXO 6. NOMOGRAMA DE WREDE.

-44-

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 7: 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: 8 Nuevo monolineal del CAI Loynaz Hechavarría

