



Universidad de Cienfuegos
Facultad de Ingeniería Mecánica



Trabajo de Diploma en Opción al Título de Ingeniero Mecánico

Título: Realización de un Diagnóstico Energético de Nivel 1 en la
"Sede Conrado Benítez"

Autor: Héctor Julio Ortíz Morejón

Tutor: MSc. Ramón David Fernández Pérez

Cienfuegos, 2016

DECLARACION DE AUTORIDAD UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS

Por este medio hago constar que el presente trabajo constituye la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Cienfuegos, autorizando a que el mismo sea utilizado por el Centro de Estudio Superior para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de dicha institución.

Firma del autor.

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

Información Científico Técnico Nombre y Apellidos. Firma.

Vice Decano.

Nombre y Apellidos. Firma.

Firma del Tutor.

Sistema de Documentación y Proyecto. Nombre y Apellido. Firma.

Pensamientos

“...es preciso saber para traducir, y no traducir para saber...”

“... un libro es la obra de un hombre, y ningún hombre dijo todo lo cierto, ni es cierto todo lo que dijo.”

Félix Varela

Dedicatoria

A mis padres y todas aquellas personas que tienen un gran valor para mí está dedicado el esfuerzo de cinco años de estudio. Gracias por acompañarme en este camino y espero que lo sigan haciendo en la autopista de la vida.

Agradecimientos

Gracias a Dios por situar esta carrera en mi camino, porque la adoro y eso me hace feliz.

Gracias a mis padres por inculcar en mí, que estudiar es necesario para la vida, viejos gracias a ustedes hoy soy alguien que tiene otra perspectiva de las cosas, gracias por tanta dedicación, esfuerzos y sacrificios.

Gracias a toda mi familia en general: abuelos, primos y tíos, por apoyarme en todo momento.

Gracias a mi tutor David y al profesor de calderas David por ayudarme, enseñarme y dedicarme su tiempo.

Gracias a todos mis amigos, necesito siempre de ustedes y cada uno sabe lo que significan para mí.

Gracias a todos los profesores de la carrera por tener tanta paciencia para enseñarnos.

Gracias a todas las personas que me dieron su mano para realizar este proyecto, especialmente a los trabajadores de la SCB. Todos ustedes de una manera u otra aportaron su granito de arena para que yo estudiara, y llegara el día de hoy.

Gracias a todos, espero saber retribuirles toda su ayuda desinteresada, los quiero mucho HJ.

Resumen

El trabajo presentado expone los resultados del Diagnóstico Energético de Nivel 1 (DEN1) que se efectuó en la “Sede Conrado Benítez” (en lo adelante SCB). En la primera parte del documento se realizó una búsqueda bibliográfica con el objetivo de saber en qué consiste las Auditorias o Diagnósticos Energéticos, sus características y procedimientos para implementarlos. También se hace recorrido por la situación del consumo de energía a nivel mundial y el precio que presentan algunos combustibles fósiles. Asimismo, se analiza el comportamiento de los Portadores Energéticos en la SCB, y se realizan algunas comparaciones con respecto al uso de estos en la “Universidad de Cienfuegos” (UCF). Otra parte del documento muestra la descripción de las áreas donde se realizaron los DEN1, dentro de la cual están presentes las características de dichas áreas, los principales problemas encontrados, el número de equipos existentes y sus particularidades. Del mismo modo se plantea la metodología de cálculo a utilizar para hallar las pérdidas en el banco de transformadores y las posibilidades de ahorro en este si se incrementa el factor de potencia o se sustituyeran estos equipos. También se hace un estudio para determinar la posición ideal donde se debe ubicar el banco de transformadores, según las características de demanda energética en la SCB. Igualmente se determinan las pérdidas por radiación, convección y la eficiencia de la caldera. Además, se hace una comparación para implementar el uso del GLP para la cocción de los alimentos. En la última parte del trabajo se exponen los resultados obtenidos, los cuales consisten en un análisis económico y una serie de recomendaciones para con los recursos disponibles actualmente, esta entidad sea más eficiente mediante el ahorro de los Portadores Energéticos.

Palabras Claves: auditoría, portadores energéticos, caldera, combustible, ahorro.

Summary

The present research exposes the Diagnostic Energy of Level 1 DEN1's results carried out at Conrado Benitez University. First of all, it is a bibliographical search in order to define what is about Auditory and Energetic Diagnosis, as well as their characteristics and procedures to implement them. It analyzes the worldwide energetic consuming's situation and the prize of some fossil fuels. It also assesses the behavior of the Energetic Payees at Conrado Benitez. It makes comparisons regarding the same behavior at Cienfuegos University. On the other hand, it describes the areas where DEN1 were developed, taking into account its characteristics, the main problems found, the specific number of extant equipment and their particularities. It also demonstrates the calculating methodology which should be used to estimate the losses at transformers equipment and the saving possibilities of them, with the purpose to know if the potency factor increases or replaces. There is a research to determine the appropriate position where the transformers equipment should be placed according to the energetic request's characteristics at Conrado Benitez. In addition, it determines the losses caused by radiation, convection and the caldron efficiency. Furthermore, it makes a comparison to implement the GLP's use for cooking. Finally, the research reveals the obtained results which are based in an economic analysis and certain recommendations to use properly today's available sources. The final goal is that this entity will be more efficient through the Energetic Payees saving.

Key words: auditory, energetic payees, caldron, fuel, saving.

Índice

Introducción.....	12
Capítulo I. Marco Teórico de la Investigación.....	15
1.0 Introducción.....	15
1.1 Norma ISO 50001 y el SGTEE	15
1.1.1 Definición y objetivos de los Diagnósticos Energéticos	17
1.1.2 Diferencias entre Diagnóstico Energético de nivel 1 y 2 en el SGTEE ..	18
1.2 Alcance de las Auditorías Energéticas (ISO 50001).....	19
1.3 Diagnóstico Energético según la Norma de Gestión de Energía vigente en la UCF	20
1.3.1 Energía Eléctrica	20
1.3.2 Casa de calderas y Cocina Comedor	21
1.3.3 Gas licuado.....	22
1.3.4 Transportes.....	22
1.3.5 Sistema de Gestión Energética implementado en la SCB.....	23
1.4 Situación del consumo de energía en el mundo.....	24
1.5 Tarifa aplicada por la Empresa Eléctrica a la SCB.....	29
1.5.1 Pérdidas de transformación	30
1.6 Parámetros principales de los sistemas de suministro eléctrico.....	32
1.6.1 Gráfico de carga	32
1.6.2 Demanda máxima.....	33
1.6.3 Capacidad instalada	33
1.6.4 Factor de demanda.....	33

1.6.5 Factor de potencia	33
1.7 Portadores Energéticos de la SCB durante el año 2015	35
1.8 Resultados de inspecciones realizadas por la ONURE en el año 2013	44
1.8.1 Potenciales de ahorro más significativos.....	44
1.8.2 Deficiencias detectadas durante la inspección	44
1.8.3 Recomendaciones del informe dado por la ONURE.....	45
1.9 Conclusiones del capítulo.....	45
Capítulo II. Diagnóstico Energético de Nivel 1 a la SCB	48
2.0 Introducción al capítulo.....	48
2.1 Descripción del Cuarto de Calderas y la Cocina Comedor.....	49
2.1.1 Ficha técnica de los equipos instalados en el cuarto de calderas y la cocina comedor.....	52
2.1.2 Cantidad de equipos eléctricos existentes en la Cocina comedor y el Cuarto de Calderas.....	55
2.1.3 Deficiencias detectadas en la Cocina Comedor y el Cuarto de Calderas	57
2.2 Descripción de la Residencia Estudiantil y las Bombas de Agua	58
2.2.1 Cantidad de equipos eléctricos existentes en la Residencia Estudiantil	59
2.3 Descripción de la Escuela Anexa y el Docente.....	68
2.4 Descripción del Rectorado	72
2.5 Características del Sistema Eléctrico de potencia de la SCB.....	75
2.6 Ubicación óptima del centro de cargas eléctricas (Banco principal de transformadores)	78

2.7 Análisis de la aplicación de la Factura M1-A en la SCB.....	83
2.7.1 Oportunidades de ahorro económico por concepto de Demanda Contratada y aumento del Factor de Potencia.....	84
2.7.2 Oportunidades de ahorro económico y de energía en los transformadores de distribución.....	86
2.8 Cálculos para hallar las pérdidas y la eficiencia en la caldera de la SCB.....	87
2.8.1 Cálculo para hallar las pérdidas por radiación y convección	87
2.8.2 Cálculo del Calor Disponible.....	89
2.8.3 Pérdidas de calor por radiación y convección.....	90
Cálculo del Coeficiente de Traspaso de Calor por Radiación (α_{rad}).....	95
2.8.4 Cálculo para hallar la eficiencia la caldera.....	96
2.9 Análisis para incrementar el uso del GLP en la cocción de los alimentos	97
2.9.1 Cálculo para obtener el consumo de GLP	100
2.10 Conclusiones del capítulo.....	101
Capítulo III. Análisis Económico	103
3.0 Análisis de resultado y potencialidades de ahorro en Portadores Energéticos	103
3.1.1 Posibilidades de ahorro mediante la sustitución de monitores	104
3.1.2 Resultados del análisis económico en M.N y C.U.C para la sustitución de monitores	105
3.2 Posibilidades de ahorro por concepto de reparación de la caldera	106
3.3 Posibilidades de ahorro con el uso único del GLP para la cocción de los alimentos.....	108
3.4 Conclusiones del capítulo III.....	111

Conclusiones.....	112
Recomendaciones.....	113
Bibliografía.	114
Anexos	114

Introducción

La nación cubana en la actualidad se encuentra sometida a constantes cambios para salir adelante. Uno de los sectores que se ve sometido a variaciones es el económico, pues sin este ningún país puede emerger de las crisis. Para esto cada organismo tiene la tarea de ahorrar al máximo los recursos del estado. Las universidades no se encuentran exentas de estos cambios, pues estas son altas consumidoras de recursos para lograr la formación de profesionales, entre estos encontramos: personal calificado, papel, libros, alimentos, tecnología, y el más importante de todos; la energía, porque sin esta no es posible llevar a cabo dicha formación.

El ahorro de energía constituye uno de los renglones más importantes para mejorar la economía del país, pues continuamente se producen equipos más eficientes, destinados tanto para el área industrial, como el sector público o residencial. Buscar métodos para ahorrar no se realiza de forma espontánea, sino con el uso de Sistemas de Gestión de Energía (SGE), los que permiten aumentar la eficiencia energética de forma científica, organizada y racional, utilizando herramientas ingenieriles, matemáticas y computacionales que facilitan obtener resultados con menos recursos y a menor plazo. Un ejemplo de esto lo constituye el Sistema de Gestión Total Eficiente de Energía (SGTEE), desarrollado por el Centro de Estudios de Energía y Medioambiente (en lo adelante CEEMA) de la UCF, así como la Norma Internacional ISO-50001.

En el SGTEE uno de los momentos principales es la realización de los Diagnósticos Energéticos Preliminar, de Nivel 1 y de Nivel 2, los que se diferencian por la profundidad y por el tiempo de realización. En la Norma ISO-50001 se establece la realización de auditorías energéticas y revisiones energéticas, las que se destinan para determinar el grado de cumplimiento de lo establecido por la misma, así como la eficiencia en la gestión energética y las reservas de ahorro de energía existentes. Desde que la SCB se integra a la UCF, no se le ha realizado ninguna Auditoría Energética, por lo que este trabajo de diploma está enfocado a realizar un

Diagnóstico Energético de Nivel 1 a esta institución, para fomentar las oportunidades de ahorro y contribuir al desarrollo del país.

Problema de investigación

En la “Universidad de Ciencias Pedagógicas Conrado Benítez” (SCB), no se han realizado Diagnósticos Energéticos que permitan determinar las potencialidades de ahorro de energía y recursos financieros.

Objetivo General

Realizar un Diagnóstico Energético de Nivel 1 en la “Sede Conrado Benítez”.

Objetivos específicos

1. Analizar el sistema de gestión de energía existente en el centro.
2. Describir los sistemas energéticos existentes en el centro.
3. Determinar las principales oportunidades de ahorro de energía.
4. Realizar análisis técnico-económicos para conocer las oportunidades de ahorro más factibles económicamente.
5. Estratificar las oportunidades de ahorro de energía por edificios y equipamiento.

Hipótesis

La realización de una Auditoría Energética de Nivel 1 en la SCB posibilitará conocer las potencialidades de ahorro de energía y recursos financieros, lo que permitirá la reducción del consumo de portadores energéticos.



Capítulo I



Capítulo I. Marco Teórico de la Investigación

1.0 Introducción

En el capítulo se describe el proceso de investigación desarrollado que ha partido de la consulta de materiales actualizados. Este aborda las características de la ISO 50001 y la implementación de los SGTEE en la UCF. También se realiza un recorrido en el que se examina la situación actual de los recursos no renovables para Cuba y el mundo. Además, se analizan los Portadores Energéticos de la SCB durante el año 2015 y el Informe Final de Inspección al Consumo y Control de Portadores Energéticos, realizado por la Organización Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) en el año 2013.

1.1 Norma ISO 50001 y el SGTEE

La Norma Internacional ISO 50001 especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de Energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía. También especifica los requisitos aplicables al uso y consumo de esta, incluyendo la medición, la documentación e información, las prácticas para el diseño y la adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuyen al desempeño energético. Esta se aplica a todas las variables que afectan al desempeño energético que puedan ser controladas por la organización y sobre las que pueda tener influencia. No establece criterios específicos de desempeño con respecto a la energía, ha sido diseñada para utilizarse de forma independiente, pero puede ser alineada o integrada con otros Sistemas de Gestión.

Esta Norma Internacional es aplicable a toda organización que desee asegurar que cumple con su política energética declarada y que quiera demostrar este cumplimiento a otros. Esta conformidad puede confirmarse mediante una autoevaluación y auto-declaración de conformidad o mediante la certificación por

parte de una organización externa. A través de un conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, los procesos y los procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos, o sea mediante el Sistema de Gestión de Energía (SGE).(Oficina Nacional de Normalización, 2011).

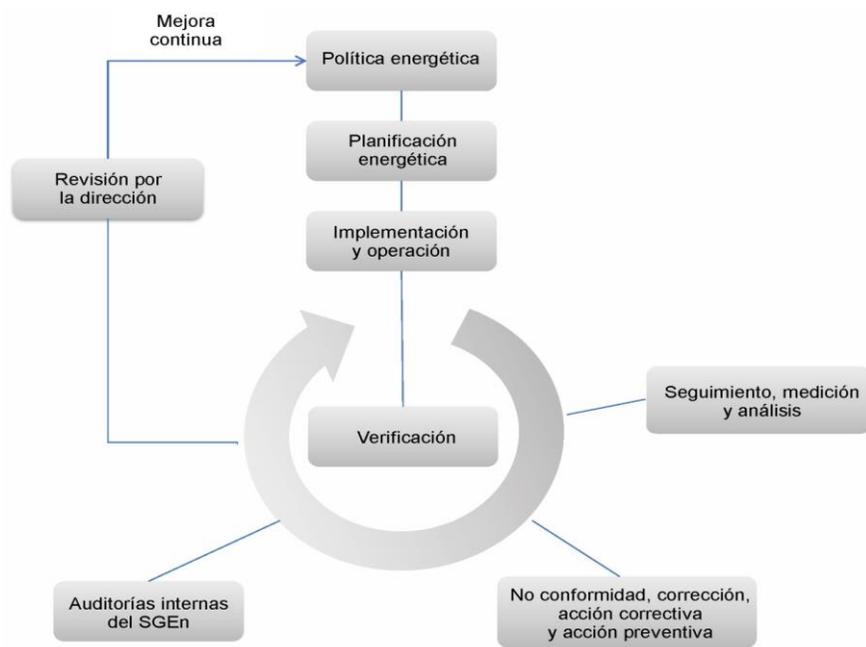


Fig.1.1 Esquema de funcionamiento de la norma ISO:50001.(Oficina Nacional de Normalización, 2011)

Para implementar la Norma ISO:50001 las instituciones deben registrar y mantener una revisión energética. La metodología y el criterio utilizados para desarrollar la exploración energética deben estar documentados, por lo que, para desplegar el estudio energético, la organización debe:

- a) analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos, es decir:
 - identificar las fuentes de energía actuales;
 - evaluar el uso y consumo pasados y presentes de la energía;
- b) basándose en el análisis del uso y el consumo de la energía, identificar las áreas de uso significativo de la energía, es decir:

- identificar las instalaciones, equipamiento, sistemas, procesos y personal que trabaja para, o en nombre de la organización, que afecten significativamente al uso y al consumo de la energía;
- identificar otras variables pertinentes que afectan a los usos significativos de la energía;

1.1.1 Definición y objetivos de los Diagnósticos Energéticos

Un Diagnóstico Energético es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con que se produce, transporta y usa la energía. En él se analizan un conjunto de datos que definen exactamente las cantidades consumidas de cada forma de energía y se relacionan con otros parámetros significativos de producción y uso de energía, se evalúa la distribución entre energía útil y pérdidas y se analiza si es la más apropiada, racional, eficiente y económica, identificando las áreas de oportunidad de ahorro, para cuantificar los potenciales y dar elementos de juicio para la toma de decisiones. Muchas referencias, usan también el término "Auditoría Energética", ambas designaciones son válidas aun cuando la preferencia se va inclinando hacia Diagnóstico Energético. (Díaz Rodríguez, A. M., 2012)

Objetivos del diagnóstico energético:

- Identificar dónde y cómo es utilizada la energía en todas sus formas.
- Identificar dónde, cómo y cuánta energía es desperdiciada.
- Establecer potencialidades termo-económicas de ahorro y conservación de la energía.
- Establecer medidas de conservación y ahorro de la energía.
- Evaluar la posibilidad técnica y económica de las medidas propuestas.
- Establecer indicadores de eficiencia energética y de consumo en proceso.
- Establecer metas generales de ahorro y conservación de la energía.
- Establecer estrategias de operación de menor costo y mayor eficiencia.
- Diseñar y aplicar sistemas de control de la eficiencia energética.

- Establecer programas de mejoramiento continuo de la eficiencia en energética.
- Disminuir el costo de energéticos sin afectar los niveles de producción y su calidad.

1.1.2 Diferencias entre Diagnóstico Energético de nivel 1 y 2 en el SGTEE

Tipos de Diagnósticos Energéticos según el SGTEE:

- Diagnóstico Energético Preliminar. Diagnóstico de Recorrido.
- Diagnóstico Energético de Nivel 1 (DEN 1).
- Diagnóstico Energético de Nivel 2 (DEN 2).

Diagnóstico de recorrido consiste en:

- Una inspección visual de las instalaciones energéticas de la planta.
- En la observación de parámetros de operación, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento, así como de la información estadística global de consumos y facturaciones por concepto de electricidad, combustibles y agua.
- El DEN1 se centra en el análisis de los equipos y sistemas de conversión primaria y distribución de energía, los equipos auxiliares, sin abarcar los procesos tecnológicos.
- Analiza principalmente sistemas tales como generación y distribución de vapor, generación y suministro de electricidad, sistemas de refrigeración, aire acondicionado, agua, aire comprimido, iluminación, etc.

Un Diagnóstico Energético de Nivel 1 puede realizarse en un término aproximado de tres a seis semanas, depende de:

- Las características de la instalación.
- Del alcance del diagnóstico.
- Los recursos disponibles.

Incluye:

- Visita inicial (un día).
- Trabajo de campo (una a dos semanas).
- Trabajo de gabinete (dos a tres semanas).
- La elaboración y presentación del informe final (una o dos semanas).

Objetivos específicos de un DEN1

- Recopilación y desarrollo de una base de datos de consumo y costos de energía y de producción.
- Definición de índices energéticos globales.
- Evaluación de la situación energética de la planta.
- Identificación de medidas de ahorro de energía.
- Evaluación del nivel de instrumentación y su utilidad en el control energético.
- Establecimiento de estrategias para el establecimiento de un programa de ahorro de energía.
- Identificar necesidad y conveniencia de realizar un diagnóstico de nivel 2.

Diagnóstico Energético de Nivel 2 (DEN 2)

- Abarca todos los sistemas energéticos, tanto equipos de conversión primaria y distribución, como del proceso tecnológico. Incluye, además, los aspectos de mantenimiento y control automático relacionados con el ahorro y uso eficiente de la energía.
- El período para la realización de un DEN 2 puede extenderse hasta 12 a 15 semanas.

1.2 Alcance de las Auditorías Energéticas (ISO 50001)

- Integración del grupo de trabajo.
- Determinación de la información necesaria para el diagnóstico.
- Selección de unidades, áreas y equipos a diagnosticar.

- Planeación de los recursos y el tiempo.
- Revisión metrológica en los lugares claves a diagnosticar.
- Recopilación de información.
- Elaboración del plan de mediciones.
- Mediciones en campo, recopilación y filtrado de los datos.
- Procesamiento de datos y análisis de resultados.
- Reunión inicial en la empresa.
- Determinación de posibles medidas de ahorro.
- Estimación del potencial de ahorro energético y económico.
- Definición de medidas de ahorro y proyectos de mejora de la eficiencia energética.
- Elaboración y presentación del informe final del diagnóstico.

1.3 Diagnóstico Energético según la Norma de Gestión de Energía vigente en la UCF

El Energético, con el apoyo de los miembros del Consejo Energético, del CEEMA y de las áreas implicadas, realizará una vez al semestre un Diagnóstico Energético con el objetivo de determinar nuevas medidas y proyectos para la mejora de la Eficiencia Energética. Los Diagnósticos Energéticos deben abarcar los siguientes aspectos:

1.3.1 Energía Eléctrica

- Revisión de los Bancos de Transformadores y Pizarras Generales de Distribución (PGD).
- Medición de los datos generales del consumo de energía eléctrica con analizador de redes durante uno o más días.
- Revisión del estado de las pizarras eléctricas de los edificios.
- Situación de la iluminación interior por áreas y edificios. Tipos de lámparas y % de iluminación eficiente.
- Horario establecido para el uso de la iluminación y su nivel de cumplimiento.

- Existencia de circuitos seccionalizados y posibilidad de realización.
- Realización de los mantenimientos planificados.
- Uso de la iluminación natural.
- Situación de la iluminación exterior.
- Tipos de luminarias. % de iluminación eficiente.
- Horario de uso de la iluminación exterior.
- Existencia de equipos de climatización por áreas. Potencia en Toneladas de Refrigeración y kW. Correspondencia con la carga térmica de los locales. % de equipos eficientes.
- Revisión de la hermeticidad de los locales climatizados.
- Cumplimiento de los horarios establecidos para el uso de los equipos de climatización.
- Existencia de computadoras. Cantidad, horario de uso promedio. Distribución (aseguramiento, docentes, laboratorios, servidores).
- Existencia de otros consumidores (hornos, cocinas eléctricas, calentadores de agua, televisores, ventiladores, refrigeradores, freezers, etc.). Horarios de uso.
- Situación de las cámaras frías. Potencia del equipamiento. Niveles de hermeticidad. Limpieza de los filtros, niveles de temperaturas establecidos, disciplina general del uso de las cámaras. Posibilidades técnicas de desconexión en horarios pico. Estado del aislamiento de los conductos de alta y baja presión. Realización de los mantenimientos establecidos.
- Tipos de motobombas de agua. Estado técnico. Correspondencia de la potencia de los motores con la demandada por la bomba. Horario de uso establecido y su cumplimiento. Estado de las válvulas de distribución.
- Existencia de salideros de agua dentro y fuera de los edificios. Evaluación de los niveles de pérdidas.

1.3.2 Casa de calderas y Cocina Comedor

- Datos generales de las calderas de vapor existentes.

- Potencia de las calderas y correspondencia con la demanda de vapor.
- Estado técnico general de mantenimiento.
- Completamiento del instrumental imprescindible para la medición de los parámetros principales.
- Existencia de medidores de flujo de vapor y de agua.
- Estado de la documentación establecida. Registro de los parámetros.
- Estado de la combustión visualmente.
- Existencia de recobrado. Temperatura del agua de alimentación.
- Presión de trabajo.
- Temperatura de salida de los gases de escape.
- Estado general del aislamiento.
- Existencia de salideros de vapor en la casa de calderas y en los conductos de baja y alta presión.
- Aforado de los tanques de combustible exteriores y del interior. Existencia de las reglas aforadas.
- Consumo promedio diario de combustible de las calderas de vapor.
- Estado técnico general de tachos y marmitas.
- Estado técnico de las válvulas y trampas de vapor.
- Existencia de salideros de vapor.
- Estado técnico de la válvula reguladora de presión.
- Disciplina en el uso del vapor por el personal de la Cocina Comedor.

1.3.3 Gas licuado

- Distribución del consumo por áreas.
- Estado técnico y ajuste de los equipos.

1.3.4 Transportes

- Completamiento del Departamento de Transportes.
- Estado técnico de los vehículos.
- Existencia y registro de las hojas de ruta.

- Existencia de normas de mantenimiento.
- Existencia de registros del consumo específico (km/Litro) de cada vehículo.
- Existencia de registros del consumo en dependencia de la carga de materiales y de personal.
- Existencia de recorridos oficiales de los ómnibus de transporte de pasajeros.
- Existencia de planes de medición periódico del consumo específico de combustible.
- Existencia de la Tabla de Distancias Oficiales.
- Situación general del Taller de Transportes.

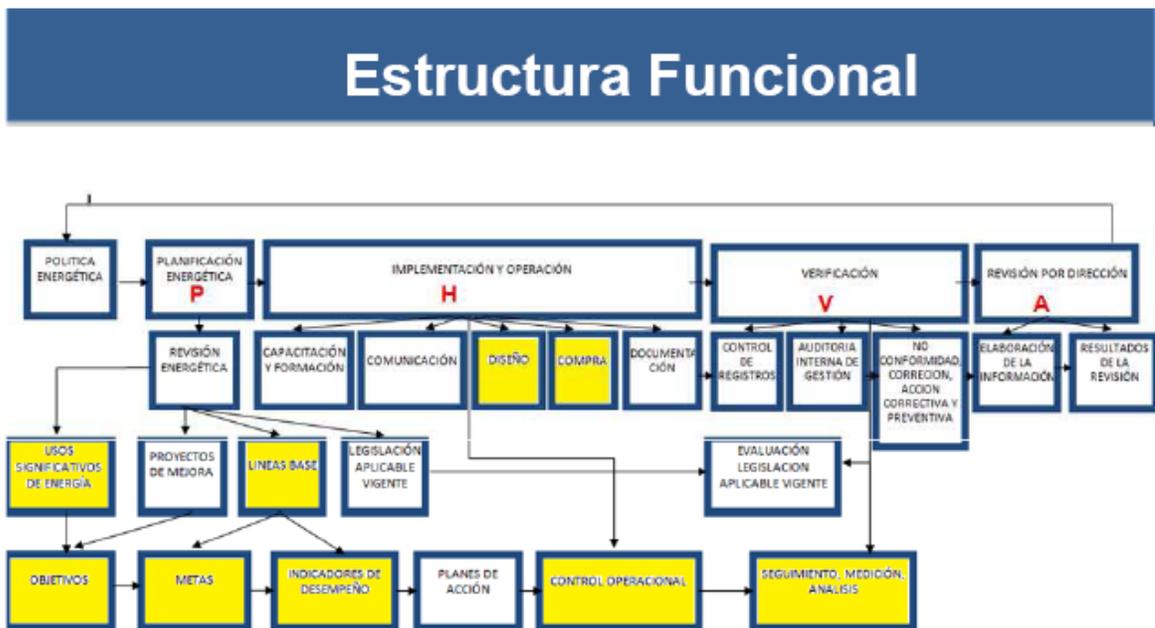


Fig.1.3 Estructura Funcional del SGTEE en la UCF.(Universidad de Cienfuegos, s. f.)

1.3.5 Sistema de Gestión Energética implementado en la SCB

El sistema de gestión implementado en la SCB realiza las siguientes funciones:

- Control diario y mensual del consumo de energía eléctrica.
- Control mensual del consumo del GLP, el fuel-oil y agua.

- Reporte a las diferentes instancias de la UCF y del Gobierno Provincial de Cienfuegos sobre el cumplimiento de los planes asignados.
- Control sistemático del consumo de energía eléctrica de la Residencia Estudiantil y otras áreas.
- Control del cumplimiento de las indicaciones de la dirección de la SCB y la UCF destinadas al ahorro de energía eléctrica.

Una de las principales deficiencias es la inexistencia de metros contadores eléctricos por áreas que permitirían un control más particular del consumo y la aplicación de indicadores que relacionen el consumo con el nivel de actividad (kW/h por becado, kW/h por trabajador, kW/h por metro cuadrado, etc.).

1.4 Situación del consumo de energía en el mundo

La mayor parte de los recursos energéticos mundiales provienen de la irradiación solar de la Tierra. Alguna de esta energía ha sido almacenada en forma de combustibles fósiles y otra parte de ella es utilizable en forma directa o indirecta como por ejemplo la energía eólica, hidráulica o de las olas. El término constante solar es la cantidad de radiación electromagnética solar incidente por unidad de superficie, medida en la superficie exterior de la atmósfera terrestre, en un plano perpendicular a los rayos. La constante solar incluye a todos los tipos de radiación solar, no sólo a la luz visible. Mediciones de satélites la sitúan alrededor de 1366 vatios por metro cuadrado, aunque fluctúa un 6,9% a lo largo del año desde los 1412 W/m² a principios de enero hasta los 1321 W/m² a principios de julio, dada la variación de la distancia desde el Sol, de unas cuantas partes por mil diariamente. Para toda la superficie terrestre, con una sección transversal de 127400000 km², la potencia obtenida es de $1,740 \times 10^{17}$ vatios, más o menos un 3,5%.

Desde el advenimiento de la revolución industrial, el consumo energético mundial ha crecido de forma continuada. En 1890 el consumo de combustibles fósiles alcanzó al de biomasa utilizada en la industria y en los hogares. En 1900, el consumo energético global supuso 0,7 TW ($0,7 \times 10^{12}$ Watts).

Durante el siglo veinte se observó un rápido incremento en el uso de los combustibles fósiles que se multiplicaron por veinte. Entre 1980 y 2004, las tasas anuales de crecimiento fueron del 2%.

El carbón suministró la energía para la revolución industrial en los siglos XVIII y XIX. Con la llegada del automóvil, de los aviones y con la generalización del uso de la electricidad, el petróleo se convirtió en el combustible dominante durante el siglo XX. El crecimiento del petróleo como principal combustible fósil fue reforzado por el descenso continuado de su precio entre 1920 y 1973. Tras las crisis del petróleo de 1973 y 1979, en las cuales el precio del petróleo se incrementó desde los 5 hasta los 45 dólares estadounidenses por barril, se produjo un retraimiento del consumo de petróleo. El carbón y la energía nuclear pasaron a ser los combustibles elegidos para la generación de electricidad y las medidas de conservación incrementaron la eficiencia energética.

En EE.UU. el automóvil medio aumentó a más del doble las millas recorridas por galón. Japón, que soportó la peor parte de las crisis del petróleo, realizó mejoras espectaculares y ahora presenta la mayor eficiencia energética del mundo.

El consumo de energía sigue ampliamente al Producto Interno Bruto (PIB), aunque existe una diferencia significativa entre los niveles de consumo de los Estados Unidos con 11,4 kW por persona y los de Japón y Alemania con 6 kW por persona. En países en desarrollo como la India el uso de energía por persona es cercano a los 0,7 kW, Bangladesh tiene el consumo más bajo con 0,2 kW por persona.

Estados Unidos consume el 25% de la energía mundial (con una participación de la productividad del 22% y con un 5% de la población mundial). La cantidad de agua necesaria para generar esta representa casi el 50% de agua usada en EE.UU. frente al 35% usado en la agricultura. El crecimiento más significativo del consumo energético está ocurriendo en China, que ha estado creciendo al 5,5% anual durante los últimos 25 años. Su población de 1.300 millones de personas consume en la actualidad a una tasa de 1,6 kW por persona.

Durante los últimos años el consumo de electricidad per cápita en EE.UU. ha decrecido al 1% anual entre 2004 y 2008. El consumo de energía proyectado alcanzó los 4 333 631 millones de kilovatios hora en 2013, con un crecimiento del

1.93% durante los siguientes cinco años. El consumo se incrementó desde los 3 715 949 millones de kilovatios en 2004 hasta los esperados 3.937.879 millones de kilovatios hora al año en 2008, con un incremento de alrededor del 0.36% anual. La población de los EE.UU. ha venido incrementándose en un 1,3% anual, con un total de alrededor de 6,7% en los cinco años. El descenso del consumo eléctrico se debe principalmente a los aumentos de la eficiencia y al uso de bombillas de bajo consumo que utilizan alrededor de un tercio de la electricidad que usan las bombillas incandescentes, ejemplo de estos son los diodos emisores de luz o las bombillas LED como se le conocen popularmente, que usan una décima parte de la energía en comparación con bombillas de tecnologías de fabricación más antigua.

Una medida de la eficiencia es la Intensidad Energética. Esta mide la cantidad de energía que le es necesaria a cada país para producir un dólar de (PIB). Los usos industriales (agricultura, minería, manufacturas, y construcción) consumen alrededor del 37% del total de los 15 TW. El transporte comercial y personal consume el 20%; la calefacción, la iluminación y el uso de electrodomésticos emplea el 11%; y los usos comerciales (iluminación, calefacción y climatización de edificios comerciales, así como el suministro de agua y saneamientos) alrededor del 5% del total.

La estimación del combustible fósil en el planeta depende de los estudios detallados de la corteza terrestre. Estos estudios aún no son exactos. Mientras que la tecnología de perforación moderna hace posible perforar pozos de hasta 3 km de profundidad para verificar la composición exacta de la geología, la mitad del océano es más profundo, dejando fuera un tercio del planeta más allá del alcance del análisis detallado. Los informes del Grupo de Vigilancia Energética muestran que las demandas de petróleo no pueden ser cubiertas y que el recurso uranio estará agotado en 70 años. Por lo que solo queda una opción buscar métodos cada vez más eficientes utilizando la energía renovable, solo así lograremos la independencia de los recursos no renovables.(«Consumo Energético», 2016)

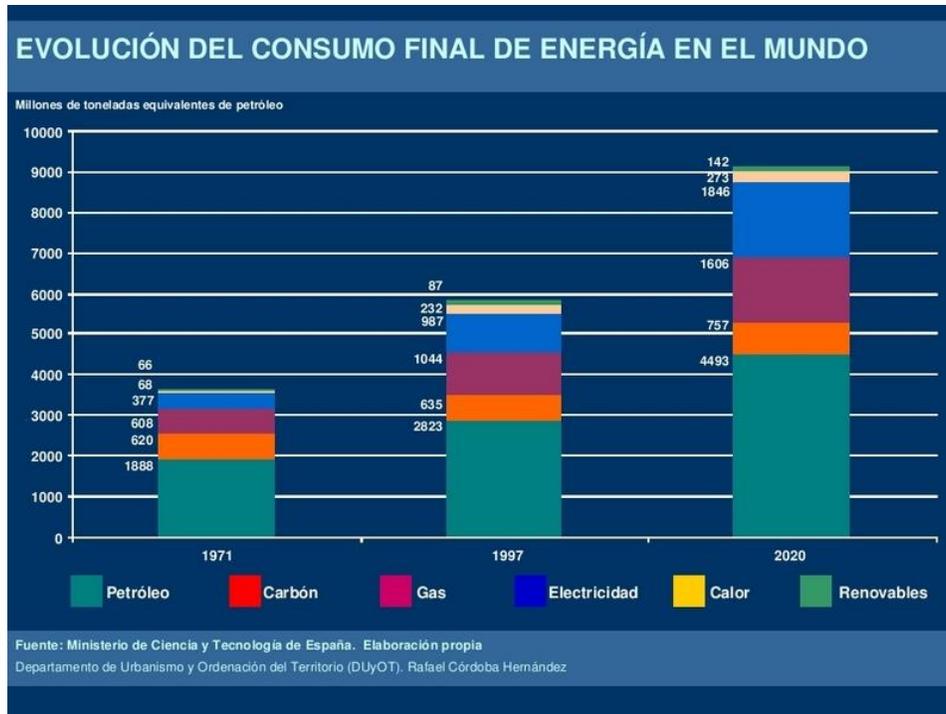


Fig. 1.4 Evolución del Consumo Final de Energía en el Mundo. («Consumo Energético», 2016)

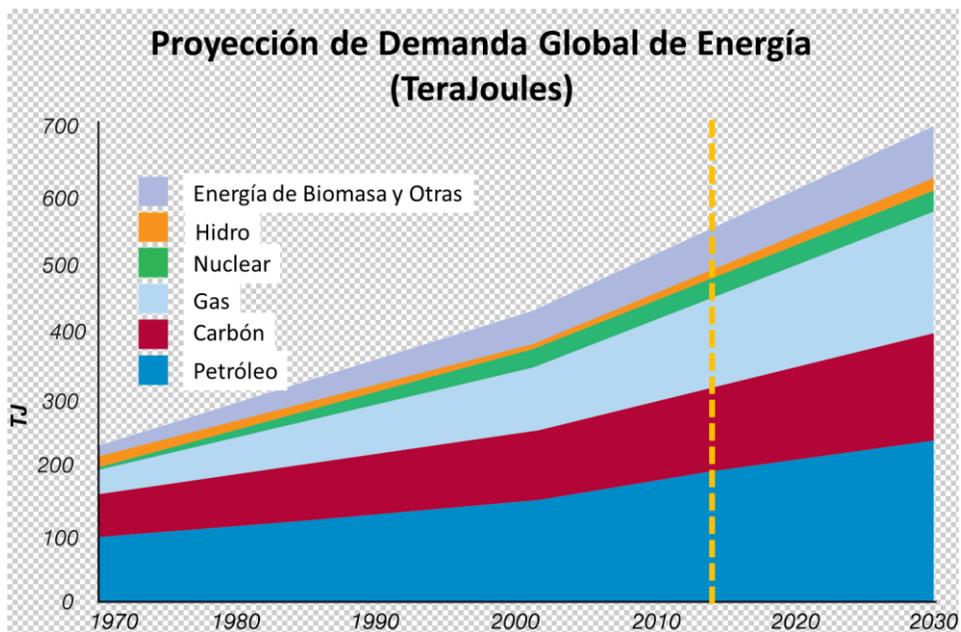


Fig.1.4.1 Proyección de la Demanda Global de Energía. («Consumo Energético», 2016)

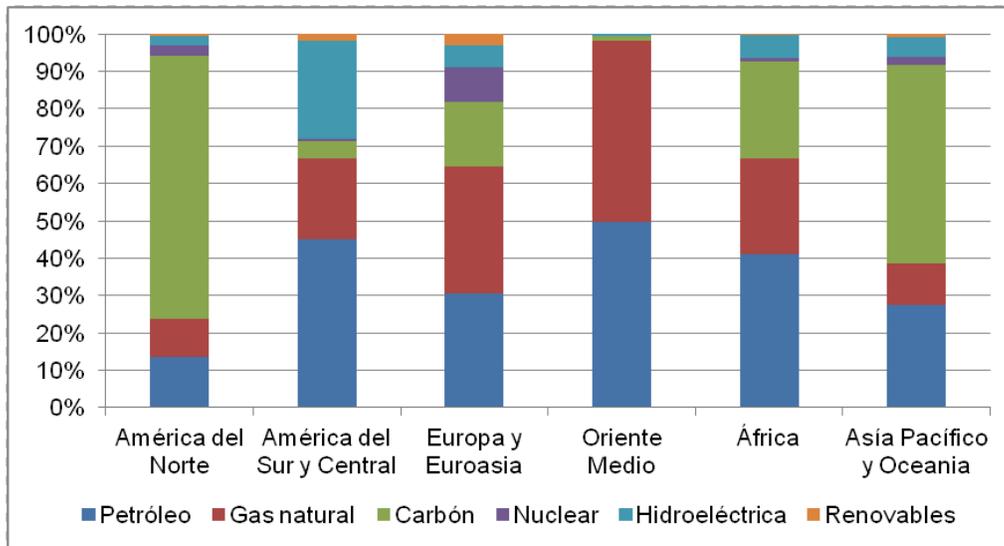
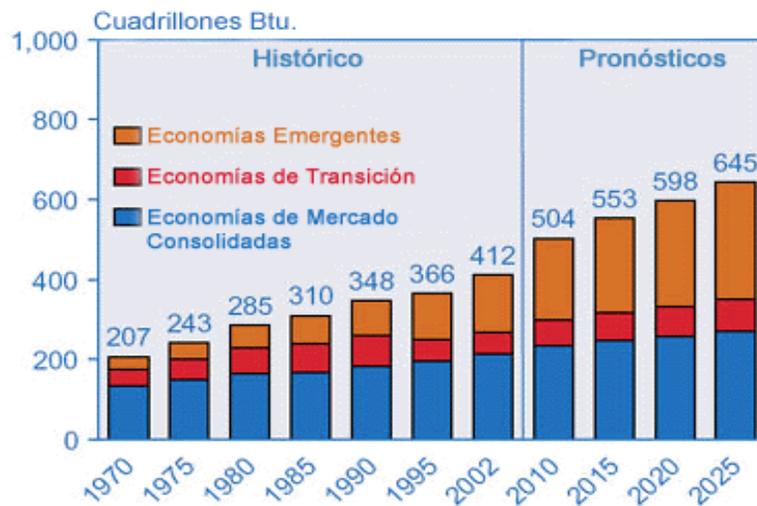


Fig.1.4.2 Consumo de recursos energéticos por regiones.(«Consumo Energético», 2016)

Mercado Mundial del consumo de energía por región, 1970-2025



FUENTES: **Historia**: Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2002*, DOE/EIA-0219(2002) (Washington, DC, March 2004), web site www.eia.doe.gov/iea/. **Pronósticos**: EIA, *System for the Analysis of Global Energy Markets* (2005).

Fig.1.4.3 Mercado mundial del consumo de energía por región.(«Consumo Energético», 2016)

Tabla 1.4 Precios a los que la UCF adquiere los combustibles.(Factura Cupet, 2015)

Combustible	Unidad	Precio M.N
Fuel-oil	Lts	0.53534
Diésel	Lts	0.56530
GLP	Kg	0.98896

Tabla 1.4.1 Precios a los que Cuba compra algunos los combustibles.(«Índices Energéticos para Estudio de Factibilidad.», 2012)

Combustibles	USD/t
Petróleo crudo nacional	450,38
Fuel Oíl	680
Diésel Oíl	767,50
Gasolina	937,42
Gas licuado de petróleo	800,098

Nota: Cada kW/h de energía que se genera en Cuba tiene un costo de 0.21 USD. (Departamento de Energía de la DPEP)

1.5 Tarifa aplicada por la Empresa Eléctrica a la SCB

M1-A Tarifa de media tensión con actividad continua.(Unión Eléctrica (UNE), 2011)
Se aplica a todos los servicios de consumidores clasificados como de media tensión con actividad de 20 horas o más diarias.

\$ 7.00 mensual por cada kW de máxima demanda contratada en el horario comprendido entre las 5:00 y las 21:00 horas

Por cada kWh consumido en el horario pico:

$(0.0481 \text{ \$/kWh} \cdot K + 0.064 \text{ \$/kW/h}) \cdot \text{Consumo pico en kWh}$

Por cada kWh consumido en el horario del día:

$(0.0241 \text{ \$/kWh} \cdot K + 0.064 \text{ \$/kWh}) \cdot \text{Consumo día en kWh}$

Por cada kWh consumido en el horario de la madrugada:

$(0.0161 \text{ \$/kWh} \cdot K + 0.064 \text{ \$/kWh}) \cdot \text{Consumo madrugada en kWh}$

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

El valor de demanda máxima contratada en el horario comprendido entre las 05:00 y las 21:00 horas.

Si la demanda máxima registrada en el horario establecido, es mayor que la demanda máxima contratada, se facturará la contratada al precio de la tarifa, y el exceso al triple de su valor, \$21.00 por cada kW.(Unión Eléctrica (UNE), 2011)

1.5.1 Pérdidas de transformación

Método de cálculo de las Pérdidas Totales en Transformadores de Distribución:

$$P_T = P_{FE} * t_3 + (kVAr/kVA_n)^2 * P_{Cu} * T_1$$

Donde:

P_T : Pérdidas totales que se producen en un transformador.

P_{FE} : Pérdidas de hierro.

T_3 : Tiempo en horas en que se está energizando el transformador.

24 horas * 30 días = 720 horas / mes.

P_{Cu} : Pérdidas de cobre.

T_1 : Tiempo de trabajo en que interactúa la corriente de carga.

Un turno 200h / mes

Dos turnos 400h / mes

Tres turnos 720h / mes

kVA promedio: Consumo del mes (kWh/ $T_1 * fp$ = kVA reales del banco de transformadores.

Factor de potencia (fp): Se calcula de acuerdo a los datos del metro contador de energía activa y energía reactiva, según se expresa en la cláusula del factor de potencia.

Para valores de factor de potencia:

0.92 a 0.96 se bonificará.

0.90 a 0.92 no se bonifica ni penaliza.

Con valores inferiores a 0.90 se penalizará.

Pérdidas promedio de los transformadores de acuerdo a su capacidad (Monofásicos)

kVA	P _{FE} (kW)	P _{CU} (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

Fig. 1.5 Pérdidas en transformadores (Monofásicos).(Unión Eléctrica (UNE), 2011)

Pérdidas promedio de los transformadores de acuerdo a su capacidad (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	65.000	14.500
25000	120.000	27.000

Fig. 1.5.1 Pérdidas en transformadores (Trifásicos).(Unión Eléctrica (UNE), 2011)

1.6 Parámetros principales de los sistemas de suministro eléctrico

Tensión nominal: La tensión de salida por secundario del banco de transformadores, la que debe corresponder con los voltajes nominales de los consumidores eléctricos (Percy Viego. ET.AL, 2007).

Tabla 1.6 Tensiones nominales de baja tensión usadas en Cuba (Percy Viego. ET.AL, 2007)

Clase de Baja Tensión	Tensión nominal del Sistema			Tensión de Utilización
	2 hilos	3 hilos	4 hilos	
Sistemas monofásicos	120			115
Sistemas trifásicos		120/140		115/230
			208Y/120	200
			240/120	230/115
		240		230
			480Y/277	460
		480		460
		600		

1.6.1 Gráfico de carga

El gráfico de carga representa la variación de la carga en un periodo determinado (día, mes, año). Usualmente se utiliza el gráfico de carga diario. El análisis de los gráficos de carga es sumamente útil para determinar los periodos de mayor consumo, el impacto de determinadas áreas o equipos en la demanda, en el acomodo de cargas en madrugada, día y pico. Usualmente se determina el gráfico de carga con equipos especiales como analizadores de redes eléctricas. Actualmente los modernos metros contadores digitales permiten obtener el gráfico de carga (Percy Viego. ET.AL, 2007).

1.6.2 Demanda máxima

La demanda máxima es el mayor valor de potencia en determinados intervalos de tiempo. Usualmente se utilizan dos tipos de demandas máximas:

- Demanda máxima prolongada. Se utiliza para el cálculo de la sección de los conductores de alimentación, protecciones eléctricas y pérdidas de potencia. Además, se utiliza para el cobro por las empresas eléctricas para el pago de la Demanda Contratada.
- Demanda máxima de corta duración (1 a dos segundos). Caracteriza la calidad de la energía suministrada debido a la existencia de fluctuaciones de tensión, arranques de motores eléctricos.

1.6.3 Capacidad instalada

La Capacidad instalada (kW) es la suma de la potencia nominal de todos los consumidores eléctricos de la empresa, entidad o área. Permite conocer los valores máximos de consumo(kWh) y de demanda (kW) (Percy Viego. ET.AL, 2007).

1.6.4 Factor de demanda

El factor de demanda es la relación entre la Demanda máxima y la Capacidad instalada, ambas expresadas en kW, MW, etc. El Factor de Demanda se expresa en %. El valor máximo es la unidad, aunque es poco usual debido a que no todas las cargas están conectadas simultáneamente y no todas trabajan al máximo de la carga (Percy Viego. ET.AL, 2007).

1.6.5 Factor de potencia

El Factor de Potencia (FP) es la relación entre la Potencia activa (que produce trabajo en la carga) y la potencia aparente. Al FP se le conoce también como $\text{Cos}(\sigma)$ y se expresa como:

$$FP = \text{Cos}(\sigma) = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P_2 + Q_2}} \quad (1.6)$$

Debido a que:

$$S = \frac{P}{\cos(\sigma)} = \frac{U}{I} \quad (1.6.1)$$

$$I = \frac{P}{\cos(\sigma)} * U \quad (1.6.2)$$

Un bajo FP aumenta la corriente, lo que conlleva al aumento de las pérdidas eléctricas de potencia activa en conductores y transformadores, a una menor capacidad de uso de los transformadores y a penalizaciones por las empresas suministradoras de energía eléctrica (penalizaciones en las facturas).

1.7 Portadores Energéticos de la SCB durante el año 2015

Tabla 1.7 Portadores Energéticos de la SCB (elaboración propia)

Tipo de portador	UM	Consumo	F.Conver.	T.E.P.	%	%ACUM
Electricidad	MWh	222.4	0.3328	74.01472	80.53541	80.53541
Fuel oíl	Ton	10.8653	1.03	11.19126	12.17721	92.71261
GLP	Ton	5.445	1.23	6.697	7.287386	100
Total				91.903	100	

Tabla 1.7.1 Consumo de energía eléctrica kW/h Sede Conrado Benítez año 2015 (Facturación).(Universidad de Cienfuegos, 2015)

Mes	Plan	Real	%	Costo, Pesos
Enero	20400	18656	91.45	4273.08
Febrero	19500	16087	82.50	3980.24
Marzo	22000	19099	86.81	3956.99
Abril	21500	17838	82.97	3634.02
Mayo	24000	19513	81.30	4024.69
Junio	24000	19545	81.44	4046.54
Julio	16950	17387	102.58	3740.60
Agosto	17900	16702	93.31	3591.37

Septiembre	22000	19312	87.78	4027.47
Octubre	21900	21067	96.20	3921.56
Noviembre	19000	19186	100.98	3697.86
Diciembre	16000	18104	113.15	3484.88

Tabla 1.7.2 (%) que representa el consumo de energía eléctrica en (kW/h) de la SCB en relación con el de la UCF
(elaboración propia)

Mes	Real UCF	Real SCB	%
Enero	44716	18656	41.72
Febrero	41668	16087	38.6
Marzo	57657	19099	33.12
Abril	55760	17838	31.99
Mayo	63377	19513	30.78
Junio	61457	19545	31.8
Julio	57875	17387	30.04
Agosto	50288	16702	33.21
Septiembre	60829	19312	31.74
Octubre	68087	21067	30.94
Noviembre	59418	19186	32.28
Diciembre	51777	18104	34.96
Total	672909	222496	33.06

La Tabla 1.7.3 Muestra que el consumo en el horario pico entre (17:00-21:00) el que se encuentra aproximadamente en los parámetros de 0.166 por el consumo máximo con respecto al total.

Tabla 1.7.3 Consumo de energía SCB año 2015.(Universidad de Cienfuegos, 2015)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic
KWh pico Plan	3401	3599	3667	3584	4001	4001	2826	2984	3667	3651	3167	2667
KWh pico Real	3688	2937	3285	2844	3035	3111	2628	2704	2941	3287	3338	3338
Estructura de consumo %	108,45	81,61	89,57	79,35	75,86	77,76	93,01	90,62	80,19	90,04	105,39	125,15
Consumo total SCB	18656	16087	19099	17838	19318	19549	17387	16702	19312	21067	19186	18104
(Consumo pico/Consumo total)	19,77	18,26	17,20	15,94	15,71	15,91	15,11	16,19	15,23	15,60	17,40	18,44

Tabla 1.7.4 (%) que representa el consumo de agua en (m³) de la SCB del de la UCF (elaboración propia)

Mes	Real Mensual UCF m ³	Real Mensual SCB m ³	%
Enero	8047	2722	33.82
Febrero	8185	2946	35.99
Marzo	8117	2814	34.66
Abril	7160	2730	38.12
Mayo	8210	3433	41.81
Junio	10901	3333	30.57
Julio	8183	2499	30.53
Agosto	7810	2455	31.43
Septiembre	8364	2677	32.00
Octubre	7736	2704	34.95
Noviembre	7820	2400	30.69
Diciembre	6986	2413	34.54
Total	97519	33126	33.96

Tabla 1.7.5 Consumo de agua SCB año 2015.(Universidad de Cienfuegos, 2015)

Mes	Plan Mensual m ³	Plan Acumulado	Real Mensual m ³	Real Acumulado	Cumplimiento Plan %	Comportamiento Real/Plan Acumulado %	Costo (M.N)
Enero	2700	2700	2722	2722	100.81	100.81	5484.83
Febrero	919	3619	2946	5668	320.57	156.62	5936.19
Marzo	1572	5191	2814	8482	179.01	163.40	5670.21
Abril	2471	7662	2730	11212	110.49	146.34	4231.50
Mayo	2471	10133	3433	14645	138.94	144.53	6716.24
Junio	2471	12604	3333	17978	134.89	142.64	6416.24
Julio	2471	15074	2499	20477	101.14	135.84	3957.84
Agosto	2471	17545	2455	22932	99.36	130.70	3805.25
Septiembre	2471	20016	2677	25609	108.34	127.94	4448.24
Octubre	2471	22487	2704	28313	109.44	125.91	4529.24
Noviembre	2471	24958	2400	30713	97.13	123.06	3617.24
Diciembre	2471	27429	2413	33126	97.66	120.77	3740.15

Tabla 1.7.6 (%) que representa el consumo de GLP en balones de (45kg) de la SCB del de la UCF (elaboración propia)

Área	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Total Balones de 45kg
Consumo UCF	15	11	14	11	15	11	11	11	11	11	11	18	150
Consumo SCB	10	10	8	12	13	10	8	8	10	10	10	12	121
Total %	66.67	90.91	57.14	109.09	86.67	90.91	72.73	72.73	90.91	90.91	90.91	66.67	80.67

Tabla 1.7.7 Consumo de combustible calderas UCF año 2015.(Universidad de Cienfuegos, 2015)

Sede Carlos Rafael Rodríguez										
Mes	Plan Consumo Diésel	Real Acum	Real Consumo Diésel	Real Acum	%	Plan Lts/ Comensal	Real Lts/ Comensal	Plan Comensales	Real Comensales	%
Enero	4000	4000	3391	3391	84.78	0.15	0.12	27000	28164	104.31
Febrero	4000	8000	3197	6588	79.93	0.15	0.13	27000	25563	94.68
Marzo	4000	12000	3981	10569	99.53	0.15	0.14	27000	27960	103.56
Abril	3800	15800	3179	13748	83.66	0.15	0.14	27000	22143	82.01
Mayo	4000	19800	3926	17674	98.15	0.15	0.16	27000	24495	90.72
Junio	4000	23800	3900	21574	97.50	0.15	0.17	27000	23276	86.21
Julio	3500	27300	3982	25556	113.77	0.22	0.23	16000	17453	109.08
Agosto	2600	29900	3458	29014	133.00	0.30	0.38	10000	9048	90.48

Septiembre	4000	33900	4076	33090	101.90	0.15	0.14	27000	28187	104.40
Octubre	4000	37900	4325	37415	108.13	0.15	0.15	27000	28613	105.97
Noviembre	4000	41900	4426	41841	110.65	0.15	0.16	27000	27986	103.65
Diciembre	3800	45700	3657	45498	96,24	0.15	0.16	27000	23257	86.14

Tabla 1.7.8 Consumo de combustible calderas SCB año 2015.(Universidad de Cienfuegos, 2015)

Mes	Plan Consumo Fuel	Plan Acum	Real Consumo Fuel	Real Acum	%	Plan Lts/ Comensal	Real Lts/ Comensal	Plan Comensales	Real Comensales	%
Enero	1450	1450	2473	2473	170,55	0,09	0,15	17000	16131	94,89
Febrero	1450	2900	1220	3693	84,14	0,09	0,09	17000	13657	80,34
Marzo	1450	4350	2353	6046	162,28	0,09	0,14	17000	17346	102,04
Abril	1300	5650	621	6667	47,77	0,09	0,05	17000	13638	80,22
Mayo	1450	7100	0	6667	0,00	0,09	0,00	17000	15545	91,44
Junio	1450	8550	880	7547	60,69	0,09	0,04	17000	20204	118,85
Julio	1000	9550	0	7547	0,00	0,15	0,00	10000	10505	105,05
Agosto	860	10410	0	7547	0,00	0,15	0,00	10000	7747	77,47
Septiembre	1450	11860	680	8227	46,90	0,09	0,03	17000	23355	137,38
Octubre	1450	13310	1390	9617	95,86	0,09	0,06	17000	22258	130,93

Noviembre	1450	14760	1599	11216	110,28	0,09	0,07	17000	21482	126,36
Diciembre	1450	16210	1131	12347	78,00	0,09	0,07	17000	15341	90,24

Tabla 1.7.9 Consumo de energía en MW/h de la SCB en el periodo 2012-2015

Meses	Real 2012	Real 2013	Real 2014	Real 2015
E	18.289	19.016	20.408	18.6
F	18.082	18.602	19.297	16
M	20.244	21.019	21.885	19
A	16.173	20.258	21.126	17.8
M	21.111	22.52	23.214	19.5
J	20.935	22.453	23.21	19.5
Jul	17.378	19.091	19.661	17.3
A	14.984	16.178	17.627	16.7
S	21.992	20.338	22.048	19.3
O	23.679	23.344	20.865	21
N	19.645	21.675	18.169	19.1
D	17.616	20.044	15.153	18.1
Total	230.12	244.538	242.66	221.9

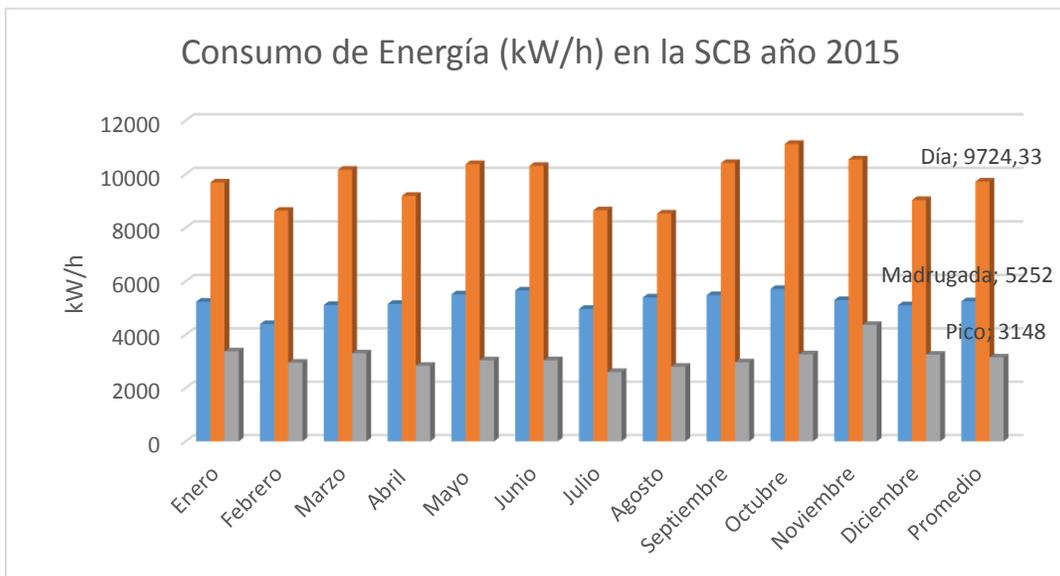


Fig.1.7 Consumo de energía en la SCB año 2015(elaboración propia)

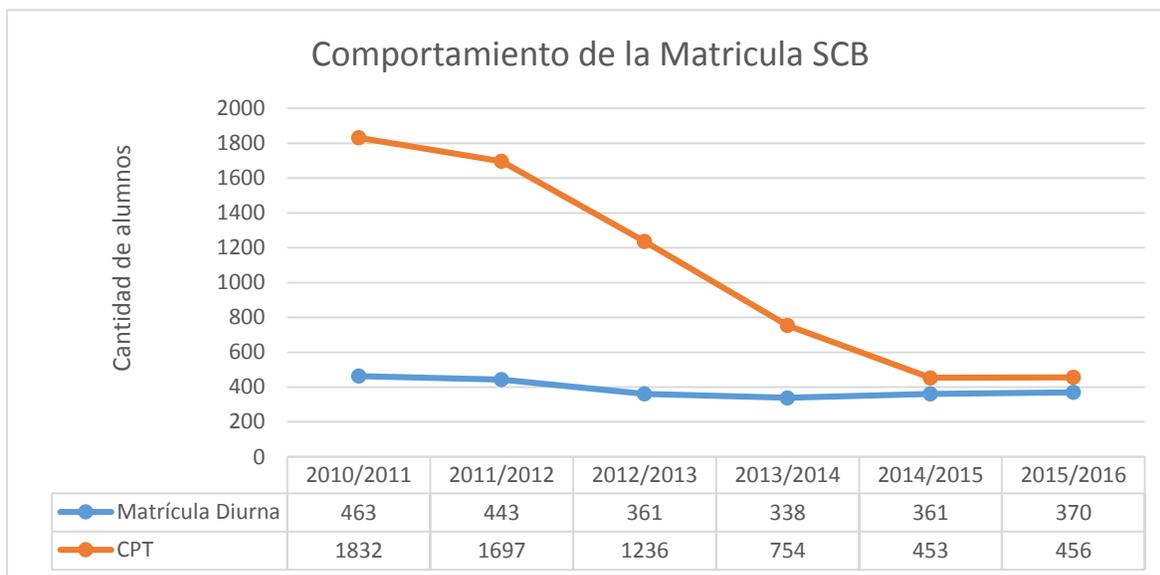


Fig.1.7.1 Matrícula de la SCB (2010-2016)

1.8 Resultados de inspecciones realizadas por la ONURE en el año 2013

1.8.1 Potenciales de ahorro más significativos

Nota: Los resultados de las potencialidades de ahorros están basados en los datos suministrados por el Centro, facturaciones y cálculos basados en estudios técnicos. El valor del MWh servido al cliente durante el año 2013 es de 250,00 pesos.

Tabla 1.8 Potencialidades de ahorro propuestas por la ONURE

No.	Descripción	Energético (kWh/año)	Económico (pesos/año)
1.	Sustitución de la Bomba de agua por otra más eficiente.	10768,0	2692,00
2.	Remodelación del sistema de suministro de agua (pérdidas por salideros).	4015,0	1004,00
3.	Recontratación de la Demanda.		2604,00
4.	Hermeticidad de ventanas y puertas en locales con aires acondicionados de ventana.	2569,0	642,00
Totales		17352,0	6942,00

1.8.2 Deficiencias detectadas durante la inspección

- Incorrecta contratación de la Máxima Demanda ya que la actual es muy superior a la registrada.
- No está actualizado el diagrama monolineal del sistema eléctrico.
- El por ciento (%) de carga del banco de transformadores no se corresponde con los parámetros de máxima eficiencia de los mismos.
- Falta la Certificación de la climatización del centro por la UEB -URE.
- El 20% de las ventanas metálicas de los locales climatizados reciben radiación solar.
- No se cumple con el plan de mantenimiento estable y limpieza de los filtros de aire y superficie de transferencia, así como revisión del funcionamiento de los termostatos y correcto ajuste de los controles de temperatura.

- No está en óptimas condiciones el estado técnico y de calibración de las protecciones y desconectivos en el sistema de bombeo de agua.
- El estado y hermeticidad de las puertas de neveras y cámaras frías no es el adecuado.
- Se deben crear la infraestructura para mejorar el empleo de la iluminación natural sobre todo en el área de cocina comedor.
- Se debe seccionalizar circuitos de alumbrado en los locales faltantes y continuar con el mejoramiento de la iluminación artificial.

1.8.3 Recomendaciones del informe dado por la ONURE

- Incrementar la divulgación del comportamiento de los consumos por áreas.
- Realizar capacitación y superación de los trabajadores encargados del consumo y control de los portadores energéticos auxiliándose de otros centros similares como la Universidad de Cienfuegos u otras instituciones.
- Realizar un levantamiento de todas las cargas eléctricas por locales y áreas considerando los horarios de trabajo de las mismas.
- Prestar la atención requerida al posible uso de Fuentes Renovables de Energía y su estudio de factibilidad.

1.9 Conclusiones del capítulo

1. Se plantearon las diferencias entre los Diagnósticos de Recorrido, DEN1 y DEN2.
2. Se examinó el SGTEE vigente en la UCF.
3. Se hizo un breve recorrido por la situación actual del consumo y precios de los combustibles fósiles a nivel mundial.
4. Se analizó el cumplimiento de los planes en cuanto al consumo de los Portadores Energéticos tanto por la SCB.
5. Se analizaron los resultados de la auditoría realizada por la ONURE en el año 2013.

6. Se establecieron las principales herramientas para analizar los portadores energéticos existentes en la SCB y las posibilidades de ahorro de energía.



Capítulo II



Capítulo II. Diagnóstico Energético de Nivel 1 a la SCB

2.0 Introducción al capítulo

En el capítulo se hace las descripciones de las áreas en las que se efectuó la Auditoría Energética en la SCB, haciendo énfasis en los problemas encontrados en cada zona. También se realiza un inventario de todos los equipos existentes y se investiga el tiempo que son utilizados diariamente, para con sus características técnicas obtener el consumo de energía aproximado, diario y mensual. Así con los resultados obtenidos se proponen las posibilidades de ahorro en los sectores estudiados. Asimismo, se ejecuta un análisis del Sistema Eléctrico de Potencia y las posibilidades de ahorro de energía eléctrica. Además, se plantean la metodología y los cálculos para determinar las pérdidas por radiación, convección y la eficiencia en la caldera. Para medir la temperatura existente en las paredes exteriores de la caldera se recurrió a un medidor láser de temperatura Testo. Por último, a partir del estudio realizado por el MSc. Inocente Acosta Pérez, para ahorrar con gas licuado en un comedor obrero con 160 comensales se hizo un estudio para incrementar el uso del GLP en la elaboración de alimentos. Para aplicar las variables obtenidas en este trabajo al comedor de la SCB, se utilizó el programa Curve Expert 1.3, con el que se obtuvo una recta lineal y mediante la ecuación de esta se pudo incrementar el número de comensales y obtener el consumo del GLP para estos valores.

2.1 Descripción del Cuarto de Calderas y la Cocina Comedor



Fig.2.1 Cuarto de Calderas y Cocina Comedor

El cuarto de calderas de la SCB está diseñado para tener dos calderas, pero en la actualidad cuenta con una caldera modelo Jonh Thompson Conrad, con una capacidad de generación de vapor 660kg, la misma tiene un quemador modelo BT-75DSNMD, el cual emplea como combustible el fuel-oil. También se encuentra un sistema de distribución de vapor, el cual está compuesto por tubos aislados térmicamente y un distribuidor de vapor. Igualmente, presenta una bomba de combustible, aunque la instalación está diseñada para dos equipos de bombeo. Asimismo, este lugar posee dos bombas de agua, un tanque interior de almacenamiento de combustible con calentador eléctrico y de vapor, un tanque de almacenamiento de agua tratada y una planta de purificación de agua. Además, existe una caja de desconectivos eléctricos con la cual se controla la energía eléctrica que llega a la sala de calderas, la cual está destinada a la iluminación, las bombas de agua y de combustible, el calentador del combustible y el quemador de la caldera.

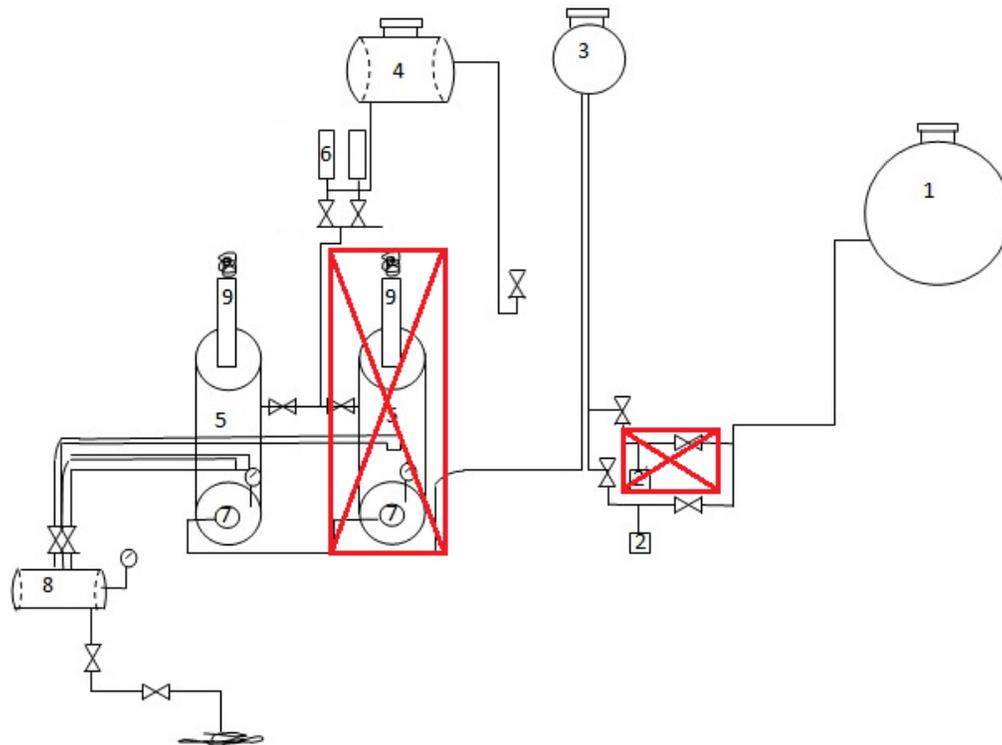


Fig.2.1.1 Componentes de la sala de calderas

Los componentes de la sala de calderas que aparecen en la (fig. 2.1.1) se relacionan a continuación:

1. Tanque de Combustible ubicado en el exterior con una capacidad de 15422 l.
2. Sistema de bombeo del tanque exterior al tanque interior.
3. Tanque interior de combustible para abastecer a los generadores con una capacidad de 850 l.
4. Tanque de almacenamiento del agua de alimentación a generadores con una capacidad de 580 l.
5. Generadores de Vapor.
6. Sistema de bombeo del agua de alimentación a las calderas.
7. Quemador.
8. Manyfoold (Distribuidor de vapor).
9. Chimenea.

Nota: Se hace notar que se han encerrados equipos en cuadros rojos, aquellos equipos de los cuales existen sus instalaciones, pero resultan actualmente inutilizables.

La zona en que se encuentra ubicada la cocina comedor está dividida en varias secciones, en las cuales se cuenta con dos comedores, área de elaboración y conservación de los alimentos y oficinas. En los departamentos y los comedores hay instalados gran cantidad de equipos de iluminación, por lo que se ha decidido enfocar el análisis en indagar si existe un buen aprovechamiento de la iluminación natural pues esta es la principal oportunidad de ahorro en estos lugares. El área de elaboración alimentos presenta equipos de cocción de alimentos a vapor y a gas, el cual consiste en cuatro marmitas de vapor, una batería de fogones y dos marmitas de gas. También encontramos una fregadora a vapor, pero está fuera de servicio. En la zona de conservación de alimentos existe un viandero, un almacén de víveres, unidades de refrigeración y de iluminación. Aledaño a estas áreas están dispuestos los tanques exteriores de almacenamiento de combustibles en este caso GLP y fuel-oil.



Fig.2.1.2 Marmitas de vapor



Fig.2.1.2 Fogones y marmitas a gas

2.1.1 Ficha técnica de los equipos instalados en el cuarto de calderas y la cocina comedor

Tabla 2.1 Datos Caldera

Modelo de la Caldera	Jonh Thompson Conrad
Capacidad Nominal de producción de vapor	660kg
Presión Máxima	10kgf/cm ²
Combustible	fuel-oil
Temperatura del combustible a quemadores	150°C
Temperatura gases de salida	310°C

Tabla 2.1.1 Datos quemador

Modelo del quemador	BT-75DSNMD
Modelo del ventilador de tiro forzado del quemador	EN6034-1
Voltaje	220V-380V
Potencia	1.5 KW
Corriente	7.7A-4.4A

Tabla 2.1.2 Datos bombas de agua

Modelo Bomba de Agua Modelo	A96517661P11016
Frecuencia	60Hz
Potencia	1.5kW
n	501min ⁻¹

Tabla 2.1.3 Datos bomba de combustible

Modelo Bomba de Combustible	Varmec-RCV 241
Voltaje	220V-460V
Frecuencia	50Hz-60Hz
Potencia	1.5kW-1.8kW
n	1400min ⁻¹ -1700min ⁻¹
Corriente	5.79A-3.44A
altura	40m
LPM	33
RPM	330

Tabla 2.1.4 Datos compresor cámara frigorífica (CF)

Modelo Compresor Cámara Frigorífica	IBB500GR
Voltaje	230V
Frecuencia	60Hz
Potencia	4.9kW
Corriente	25A

Tabla 2.1.5 Datos ventiladores del compresor CF

Modelo Ventiladores del Compresor C.F	HEP-354T/H-IF
Voltaje	220V-380V
Frecuencia	60Hz
Potencia	0.14kW
Corriente	0.85A-0.5A
RPM	1645

Tabla 2.1.6 Datos marmitas

Modelo de marmitas	Consumo de vapor (arranque/mantenimiento)
Similar PV-201	68kg/h-10kg/h
Similar PV-301	96kg/h-13kg/h

2.1.2 Cantidad de equipos eléctricos existentes en la Cocina comedor y el Cuarto de Calderas

Tabla 2.1.7 Equipos existentes en la Cocina Comedor y el Cuarto de Calderas (elaboración propia)

Área calderas	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T12(40W)	0.052	1	4	22	0.208	4.57
Lámparas T12 (20W)	0.025	1	4	22	0.10	2.2
Quemador BT-75DSNMD	1.5	1	4	22	6	132
Bomba de Agua	1.5	2	2	22	3	66
Bomba de Combustible	1.5	1	4	22	6	132
Cocina						
Nevera	0.46	4	20	30	36.8	1104
Cámara Fría	5.04	1	20	30	100.8	2016
Lámparas T12 (20W)	0.025	10	8	30	2	60
Lámparas T8 (32W)	0.037	12	8	30	3.55	106.56
Comedores						
Lámparas T8 (18W)	0.021	12	4	30	1	30
Lámparas T12 (40W)	0.052	11	4	30	2.28	68.64

Dispensadores de agua	0.12	2	20	30	4.8	144
Oficinas						
Lámparas T8 (32W)	0.037	7	8	24	2.07	49.72
Lámparas T8 (18W)	0.021	2	8	24	0.33	8.06
Computadoras (TRC)	0.200	2	8	24	3.2	76.8
Ventiladores	0.060	3	8	24	1.44	34.56

2.1.3 Deficiencias detectadas en la Cocina Comedor y el Cuarto de Calderas

Realizando una breve inspección en el cuarto de calderas y en la cocina comedor se apreciaron a simple vista una serie de dificultades, las cuales son resultado de los años de explotación de los equipos y la falta de mantenimiento. Los principales problemas encontrados son:

- No existen reglas certificadas para medir el combustible.
- Los tanques de combustibles no se encuentran aforados.
- El tanque de tratamiento del agua se encuentra fuera de servicio, por lo que la caldera recibe agua sin tratar, siendo esto muy perjudicial para esta, producto de las incrustaciones creadas por las sales acompañante del agua.
- Tuberías de vapor sin aislamiento térmico.
- Problemas en las trampas de vapor.
- Fugas en las tuberías del condensado, y este tubo presenta en la sección que va al tanque de agua de alimentación una inclinación incorrecta.
- Falta de hermeticidad en las marmitas de vapor.
- Fugas en válvulas de vapor.
- Los balones de GLP de 45kg no se encuentran a la distancia adecuada de los fogones.
- El tanque principal de almacenamiento del GLP se encuentra fuera de servicio.
- Los valores que brindan los instrumentos de medición no son confiables.
- Algunos dispositivos de desconexión se encuentran en mal estado.

2.2 Descripción de la Residencia Estudiantil y las Bombas de Agua



Fig. 2.2 Residencia Estudiantil y Bombas de Agua

La Residencia Estudiantil y las Bombas de Agua se encuentran ubicadas en el sector oeste de la SCB. En el área de la residencia se encuentra un edificio de cinco plantas. En la primera planta de este se hallan ubicados algunos almacenes, la enfermería de los becados, talleres de mantenimiento y oficinas. Las restantes plantas corresponden a los dormitorios, los cuales están seccionados para estudiantes extranjeros y nacionales. Actualmente se encuentran residiendo en este lugar un total de 350 estudiantes entre nacionales y extranjeros. En área aledaña al edificio está el cuarto de bombas en el cual se encuentran instaladas dos bombas de agua y los accesorios necesarios para el funcionamiento de estas.

2.2.1 Cantidad de equipos eléctricos existentes en la Residencia Estudiantil

Tabla 2.2 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el quinto piso de la residencia para extranjeros (elaboración propia)

Residencia Estudiantil Quinto Piso (Extranjeros)	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T12(40W)	0.052	5	10	30	2.6	78
Lámparas T8(32W)	0.037	20	10	30	7.4	222
Lámparas T12(20W)	0.025	7	10	30	1.75	52.5
Lámparas T8 (18W)	0.021	20	10	30	4.2	126
Refrigerador	0.384	8	12	30	36.86	1105.92
Cargador para celular	0.003	12	3	10	0.108	1.08
Microondas	1.1	1	0.5	30	0.55	16.5
Jarra Eléctrica	1	1	0.5	30	0.5	15
Televisor	0.096	7	6	30	4.03	120.96
Cargador para laptop	0.004	29	3	30	0.348	10.44
Cargador para tablet	0.004	2	3	30	0.024	0.72
Ventilador	0.06	19	10	30	11.4	342

Máquina para afeitar	0.045	2	0.2	30	0.018	0.54
Tostadora eléctrica	0.62	1	1	24	0.62	14.88
Lavadora	0.26	1	3	10	0.78	7.8
Impresora	0.13	2	1	10	0.26	2.6
Equipo de música	0.1	2	2	20	0.4	8
Bomba de aire para peces	0.1	1	24	30	2.4	72
Plancha de ropa	1.1	6	1	10	6.6	66
Batidora	0.2	3	0.1	10	0.06	0.6
Hornilla eléctrica	0.75	6	4	30	18	540

Tabla 2.2.1 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el quinto piso de la residencia para nacionales (elaboración propia)

Residencia	Estudiantil	Potencia	Cantidad	Tiempo de	Días de	Consumo	Consumo
Quinto Piso (Nacionales)		(KW)		trabajo Hora/Día	Trabajo	Promedio	Promedio
					Mensual	Diario (KW/h)	Mensual (KW/h)
Lámparas T8(32W)		0.037	7	10	30	2.59	77.7
Lámparas T12(20W)		0.025	4	10	30	1	30
Lámparas T8 (18W)		0.021	8	10	30	1.68	50.4
Televisor		0.096	3	6	30	1.72	51.84

Cargador para laptop	0.004	2	3	30	0.024	0.72
Cargador para celular	0.003	2	3	10	0.018	0.18
Ventilador	0.060	6	10	30	3.6	108
Secador de Pelo	0.750	1	1	10	0.75	7.5

Tabla 2.2.2 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el cuarto piso de la residencia para extranjeros (elaboración propia)

Residencia Cuarto Piso (Extranjeros)	Estudiantil	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T8(32W)		0.037	6	10	30	2.22	66.6
Lámparas T12(20W)		0.025	6	10	30	1.5	45
Lámparas T8 (18W)		0.021	12	10	30	2.52	75.6
Refrigerador		0.384	2	12	30	9.21	276.48
Jarra Eléctrica		1.00	1	1	30	1	30
Televisor		0.096	3	6	30	1.72	51.84
Cargador para laptop		0.004	15	3	30	0.18	5.4

Cargador para celular	0.003	6	3	10	0.054	0.54
Ventilador	0.060	9	10	30	5.4	162
Plancha de ropa	1.100	1	1	10	1.1	11
Equipo de música	0.100	2	2	20	0.4	8

Tabla 2.2.3 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el cuarto piso de la residencia para nacionales (elaboración propia)

Residencia	Estudiantil	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Cuarto Piso (Nacionales)							
Lámparas T12(40W)		0.052	4	10	30	2.08	62.4
Lámparas T8(32W)		0.037	18	10	30	6.66	199.8
Lámparas T12(20W)		0.025	5	10	30	1.25	37.5
Lámparas T8 (18W)		0.021	15	10	30	3.15	94.5
Televisor		0.096	3	6	30	1.72	51.84
Cargador para laptop		0.004	2	3	30	0.024	0.72
Cargador para celular		0.003	4	3	10	0.036	0.36
Ventilador		0.060	18	10	30	10.8	324

Tabla 2.2.4 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el tercer piso de la residencia para extranjeros (elaboración propia)

Residencia Tercer Piso (Extranjeros)	Estudiantil (KW)	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T8(32W)		0.037	11	10	30	4.07	122.1
Lámparas T8 (18W)		0.021	10	10	30	2.1	63
Refrigerador		0.384	2	12	30	9.21	276.48
Televisor		0.096	3	6	30	1.72	51.84
Cargador para laptop		0.004	13	3	30	0.15	4.68
Cargador para celular		0.003	6	3	10	0.054	0.54
Computadora		0.155	2	6	30	1.86	55.8
Ventilador		0.060	8	10	30	4.8	144
Plancha de ropa		1.100	2	1	10	2.2	22
Batidora		0.200	1	0.20	10	0.04	0.4
Hornilla eléctrica		0.750	2	4	30	6	180
Tostadora eléctrica		1.050	1	1	30	1.05	31.5

Tabla 2.2.5 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el cuarto piso de la residencia para nacionales (elaboración propia)

Residencia	Estudiantil	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Tercer Piso (Nacionales)							
Lámparas T12(40W)		0.052	4	10	30	2.08	62.4
Lámparas T8(32W)		0.037	18	10	30	6.66	199.8
Lámparas T12(20W)		0.025	6	10	30	1.5	45
Lámparas T8 (18W)		0.021	12	10	30	2.52	75.6
Televisor		0.096	5	6	30	2.88	86.4
DVD		0.120	1	4	20	0.48	14.4
Cargador para laptop		0.004	2	3	30	0.024	0.72
Cargador para celular		0.003	6	3	10	0.054	0.54
Ventilador		0.060	21	10	30	12.6	378
Hornilla		0.750	1	4	30	3	90

Tabla 2.2.6 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el segundo piso de la residencia para extranjeros (elaboración propia)

Residencia Estudiantil Segundo Piso (Extranjeros)	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T8(32W)	0.037	8	10	30	2.96	88.8
Lámparas T8 (18W)	0.021	16	10	30	3.36	100.8
Refrigerador	0.384	3	12	30	13.82	414.72
Microondas	1.100	1	1	30	1.1	33
Televisor	0.096	2	6	30	1.15	34.56
Cargador para laptop	0.004	7	3	30	0.084	2.52
Cargador para celular	0.003	2	3	10	0.018	0.18
Ventilador	0.060	5	10	30	3	90
Plancha de ropa	1.100	1	1	10	1.1	11
Plancha de Pelo	0.750	2	1	20	1.5	30
Secador de Pelo	0.750	1	1	10	0.75	7.5
Batidora	0.200	2	0.20	10	0.08	0.8
Tostadora eléctrica	1.050	1	1	20	1.05	21

Tabla 2.2.7 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el segundo piso de la residencia para nacionales (elaboración propia)

Residencia Estudiantil Segundo Piso (Nacionales)	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T8(32W)	0.037	15	10	30	5.55	166.5
Lámparas T8 (18W)	0.021	12	10	30	2.52	75.6
Cargador para celular	0.003	4	3	10	0.036	0.36
Televisor	0.096	3	6	30	1.72	51.84
Ventilador	0.060	8	10	30	4.8	144

Tabla 2.2.8 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el primer piso de la residencia para oficinas (elaboración propia)

Residencia Estudiantil Primer Piso (Oficinas)	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T8(32W)	0.037	39	8	30	11.54	346.2
Lámparas T8 (18W)	0.021	7	8	30	1.17	35.28
Computadora	0.155	1	8	24	1.24	29.76
Computadora (TRC)	0.200	2	8	24	3.2	76.8
Televisor	0.096	12	2	24	4.6	110.4

Laptop	0.004	2	8	24	0.064	1.536
Ventilador	0.060	3	8	24	1.44	43.2
Equipo de Audio	0.100	1	1	4	0.1	0.4
Hornilla eléctrica	0.750	1	1	24	0.750	18
Radio grabadora	0.100	1	4	24	0.4	9.6
Máquina para soldar	11.500	1	2	20	23	460
Motores monofásicos 1HP	0.702	2	3	20	4.21	84.24
Motores trifásicos 1HP	1.404	1	2	20	2.8	56.16

Tabla 2.2.9 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el cuarto de las Bombas de Agua (elaboración propia)

Cuarto de bombeo de agua	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T8(32W)	0.037	1	3	30	0.11	3.33
Motores trifásicos 10HP	7.021	1	3	30	21.06	631.8
Motores trifásicos 15HP	10.532	1	3	30	31.59	947.7

2.3 Descripción de la Escuela Anexa y el Docente



Fig. 2.3 Escuela Anexa y Docente

La Escuela Anexa está situada en el sector este de la SCB mientras que el docente abarca toda la zona central de dicha instalación. En estas áreas están ubicadas aulas, laboratorios de computación, oficinas, bibliotecas y cafeterías, siendo estas últimas las principales consumidoras de energía eléctrica en este sector.

Tabla 2.3 Cantidad de equipos eléctricos existentes en la Escuela Anexa (elaboración propia)

Anexa	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T12(40W)	0.052	20	8	24	8.32	199.68
Lámparas T8(32W)	0.037	84	8	24	24.86	596.64
Lámparas T12(20W)	0.025	8	8	24	1.6	38.4
Lámparas T8 (18W)	0.021	18	8	24	3.02	72.48
Televisor	0.096	4	1	20	0.096	1.92
Video VHS	0.770	1	1	10	0.770	7.7
Computadora	0.155	19	8	24	23.56	565.44
Computadora (TRC)	0.200	32	8	24	51.2	1228.8
Impresora	0.130	4	1	10	0.52	5.2
Ventilador	0.060	10	8	24	4.8	115.2
Dispensador de agua	0.187	1	12	30	2.24	67.2
Batidora	0.200	1	0.5	10	0.1	1
Refrigerador	0.384	1	12	30	4.6	138
Freezers	0.350	2	12	30	8.4	252
Cafetera eléctrica	0.880	1	1	30	0.880	26.4

Hornilla eléctrica	0.750	7	4	30	21	630
Olla eléctrica	0.850	1	4	30	3.4	102
Tostadora eléctrica	1.050	2	4	30	8.4	252
Plancha eléctrica para freír	1.250	1	4	30	5	150

Tabla 2.3.1 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el Docente (elaboración propia)

Docente Cuarto Piso	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T8(32W)	0.037	44	8	24	13.02	312.57
Lámparas T8 (18W)	0.021	12	8	24	2.01	48.24
Docente Tercer Piso						
Lámparas T8(32W)	0.037	38	8	24	11.24	269.76
Lámparas T8 (18W)	0.021	11	8	24	1.84	44.16
Docente Segundo Piso						
Lámparas T12(32W)	0.037	22	8	24	6.51	156.24
Lámparas T8 (18W)	0.021	15	8	24	2.52	60.48
Docente Primer Piso						
Lámparas T8(32W)	0.037	12	8	24	3.55	85.2

Lámparas T12 (40W)	0.052	22	8	24	9.15	219.6
Lámparas T8(18W)	0.021	8	8	24	1.34	32.16
Computadora	0.155	12	8	24	14.88	357.12
Computadora (TRC)	0.200	6	8	24	9.6	230.4
Impresora	0.130	4	1	10	0.52	5.2
Televisor	0.096	2	2	24	0.384	9.21
Ventilador	0.060	10	8	24	4.8	115.2
Aire consola 2t	3.200	1	6	24	19.2	460.8
Aire ventana 1t	1.600	2	6	24	19.2	460.8

2.4 Descripción del Rectorado



Fig. 2.4 Rectorado

El Rectorado se encuentra en el centro sur de la SCB, en esta zona se hallan las principales oficinas de la SCB y un grupo de laboratorios climatizados que se encuentran conectados a la misma red eléctrica de este.

Tabla 2.4 Cantidad de equipos eléctricos existentes en el Rectorado (elaboración propia)

Rectorado	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas T12(40W)	0.052	22	10	24	11.44	274.56
Lámparas T8(32W)	0.037	76	10	24	28.12	674.88
Lámparas T8 (18W)	0.021	10	10	24	2.1	50.4
Televisor	0.096	5	4	12	1.92	23.04
Video VHS	0.770	1	4	10	3.08	30.8
DVD	0.120	2	2	12	0.48	5.76
Computadora	0.155	24	8	24	29.76	714.24
Computadora (TRC)	0.200	13	8	24	20.8	499.2
Laptop	0.004	3	4	24	0.048	1.15
Impresora	0.130	4	1	10	0.52	5.2
Equipo de Audio	0.100	1	1	10	0.1	1
Ventiladores	0.060	9	8	24	4.32	103.68
Dispensador de agua	0.187	1	20	30	3.74	112.2
Aire ventana 3/4t	1.200	1	6	24	7.2	172.8
Aire ventana 1t	1.600	7	6	24	67.2	1612.8

Aire ventana 2.5t	3.200	1	6	24	19.2	460.8
Refrigerador	0.384	1	12	30	4.6	138
Hornilla eléctrica	0.750	2	2	24	3	72

Tabla 2.4.1 Cantidad de equipos eléctricos existentes en la SCB para iluminación de exteriores (elaboración propia)

Iluminación Exterior	Potencia (KW)	Cantidad	Tiempo de trabajo Hora/Día	Días de Trabajo Mensual	Consumo Promedio Diario (KW/h)	Consumo Promedio Mensual (KW/h)
Lámparas Halógenas (500W)	0.500	8	12	30	48	1440

2.5 Características del Sistema Eléctrico de potencia de la SCB

En la SCB se emplea un sistema eléctrico de distribución radial (fig.2.5) con un banco de tres transformadores de 50 kVA cada uno alimentados en primario por 13.3 Kv y en secundario 208/120 V en estrella.

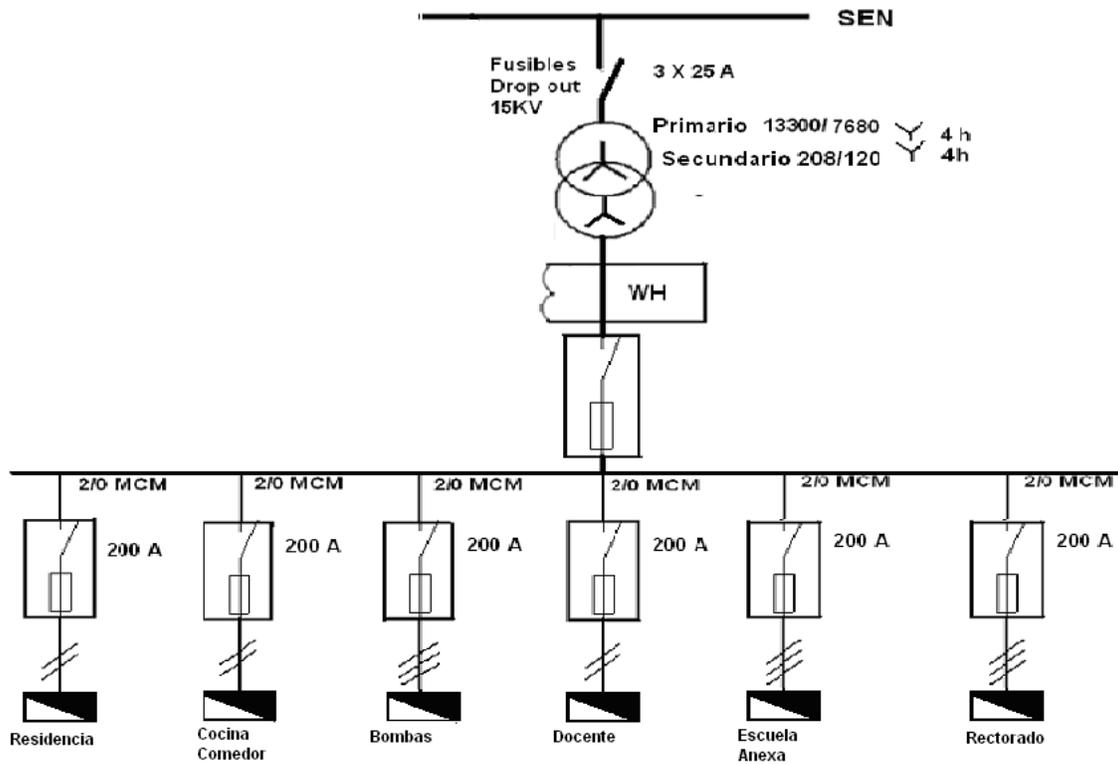


Fig. 2.5 Sistema eléctrico de distribución radial de la SCB

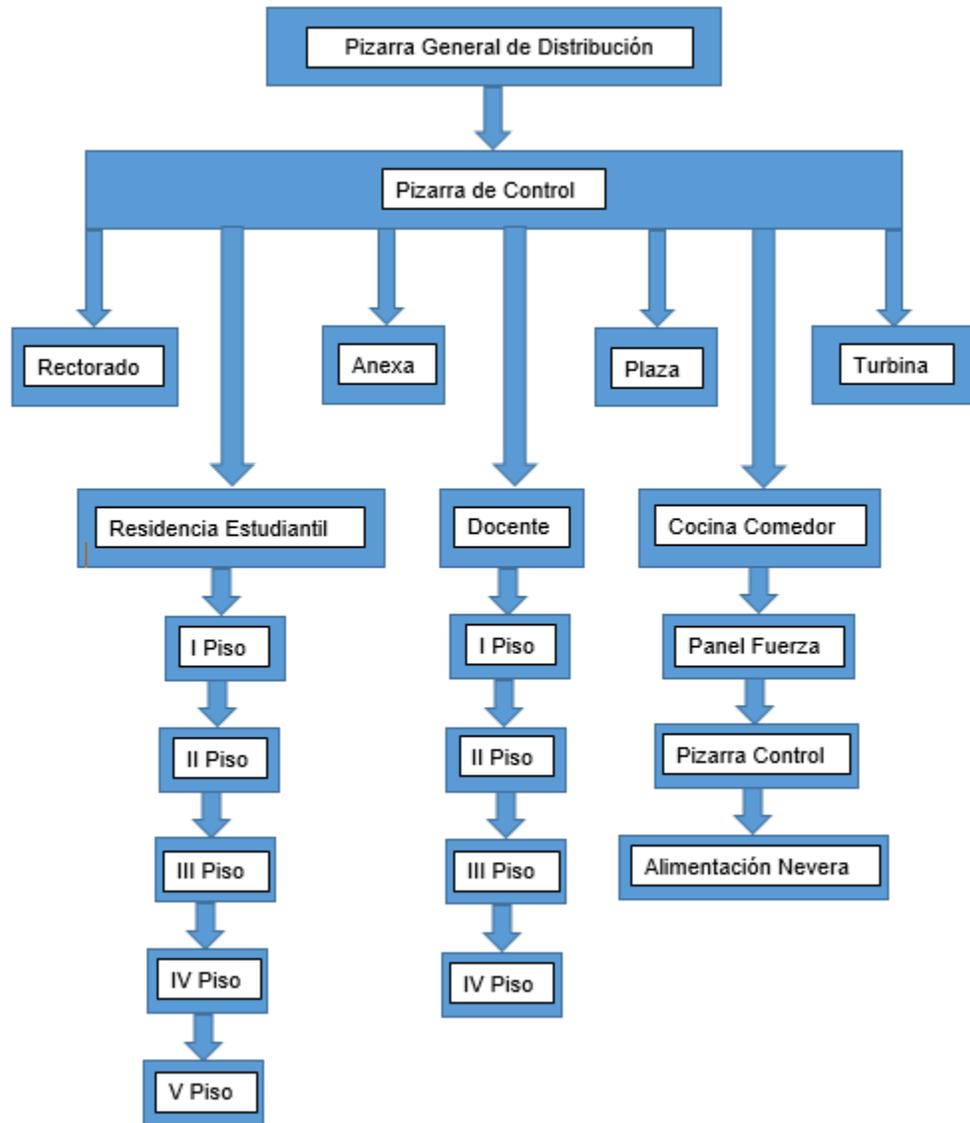


Fig. 2.5.1 Configuración de la Pizarra General de distribución eléctrica

Con el objetivo de conocer la variación de la carga eléctrica durante las 24 horas del día, factor de potencia y balance de carga por fases se realizó una medición con analizador de redes, con los resultados que aparecen en la (fig.2.5.2). El consumo máximo se realiza en el horario laboral. El factor de potencia promedio está en los límites de 0.91 a 0.92.

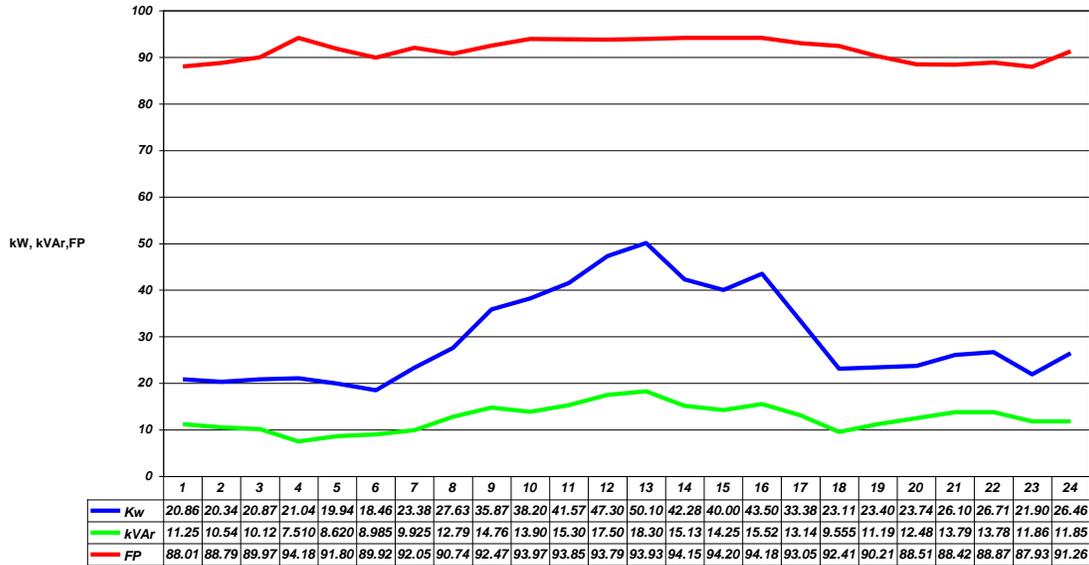


Fig. 2.5.2 Variación de la potencia activa y reactiva en un día típico de trabajo

Los niveles de voltaje se encuentran dentro de la norma para el sistema con secundario en estrella 208:120 Volts.), aunque ligeramente inferiores a los voltajes de trabajo de motores trifásicos y equipos monofásicos de climatización y refrigeración.

El balance de corrientes por fases muestra que las fases a y b son superiores a los de la fase c, debido a que hasta el 2011 el secundario del banco de transformadores era en delta con neutro central (ver Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Balance de corrientes por fases

Hora	Vab	Vbc	Vca	Van	Vbn	Vcn	Ia	Ib	Ic
9 am	214.5	215.2	214.5	123.7	124.3	123.7	98	118	90
2 pm	213.3	214.1	213.2	121.8	123.5	123.1	113	117	88
5 pm	214.7	214.9	215.3	123.3	124.0	124.3	71	62	56

2.6 Ubicación óptima del centro de cargas eléctricas (Banco principal de transformadores)

Debido a que en la SCB se ha producido un incremento del consumo de energía eléctrica en las áreas de la Residencia Estudiantil y en la Escuela Anexa, se hace necesario comprobar si la situación actual del banco de transformadores se corresponde con los consumos de energía actuales por áreas.

El centro de cargas eléctricas debe situarse en las coordenadas donde las pérdidas de cobre en los conductores de alimentación sean las menores en relación con otros puntos de la empresa o entidad a la que se suministre energía eléctrica. Las coordenadas centrales están en función de las coordenadas (x, y) y de la potencia de consumo (kW) de las áreas que conforman la empresa o entidad y que se alimentan del banco principal de transformadores.

En el caso de cargas constantes en el tiempo, habitualmente 24 horas, las coordenadas del centro de cargas, se calculan por las ecuaciones:

$$X = \frac{(PC1 * LxC1 + PC2 * LxC2 + \dots PCn * Lxn)}{(PC1 + PC2 + \dots PCn)} \quad (2.6)$$

$$Y = \frac{(PC1 * LyC1 + PC2 * LyC2 + \dots PCn * Lyn)}{(PC1 + PC2 + \dots PCn)} \quad (2.6.1)$$

En el caso de centros consumidores de energía eléctrica donde la carga varíe significativamente en el tiempo (24 horas) el cálculo se realiza por la siguiente fórmula:

$$x_{hn} = \frac{\sum_{h=1}^{h=24}(PC1_{hn} * LxC1 + PC2_{hn} * LxC2 + \dots PCn_{hn} * LxCn)}{\sum_{h=1}^{h=24}(PC1_{hn} + PC2_{hn} + \dots PCn_{hn})} \quad (2.6.2)$$

$$y_{hn} = \frac{\sum_{h=1}^{h=24}(PC1_{hn} * LyC1 + PC2_{hn} * LyC2 + \dots PCn_{hn} * LyCn)}{\sum_{h=1}^{h=24}(PC1_{hn} + PC2_{hn} + \dots PCn_{hn})} \quad (2.6.3)$$

Donde:

PCn_{hn}=Potencia de la carga n a la hora n (kW)

$LxCn, LyCn$ =Distancia de la carga n con relación al centro de cargas (m).

xhn, yhn = Coordenadas del Centro de cargas en la hora n (m)(Percy Viego. ET.AL, 2007).

Las coordenadas del Centro de cargas para las 24 horas del día se calculan por las fórmulas:

$$Qx = \sum_{h=1}^{h=24} xn/24 \quad (2.6.4)$$

$$Qy = \sum_{h=1}^{h=24} yn/24 \quad (2.6.5)$$

Donde:

Qx, Qy = Coordenadas del centro de cargas

$$\triangleright x = \sqrt{\sum_{h=1}^{h=24} \frac{(Qx - xn)^2}{24}} \quad (2.6.6)$$

$$\triangleright y = \sqrt{\sum_{h=1}^{h=24} \frac{(Qy - yn)^2}{24}} \quad (2.6.7)$$

Donde:

$\triangleright x, \triangleright y$: Errores medios cuadráticos de las coordenadas del centro de carga.

Con el objetivo de facilitar la medición de las coordenadas de las áreas se utilizó una imagen satelital de la SCB, se realizó una medición física de las distancias de las áreas y se estableció un eje de coordenadas fig.2.6.1. En la Tabla 2.6 se muestran los valores en KW y las coordenadas x, y durante las 24 horas de las 6 áreas de la SCB.

Tabla 2.6 Valores de los kW por hora de las áreas de la SCB

Área	Beca	Esc. Anexa	Cocina Comedor	Docente	Bombas de agua	Rectorado
Hora	kW	kW	kW	kW	kW	kW
1	6.3	5.1	9.30	0.76	0.00	0.40
2	6.1	5.2	9.76	0.73	0.00	0.37
3	5	5.3	9.80	0.74	0.00	0.38
4	5.3	5.4	9.91	0.75	0.00	0.37
5	5.4	5.5	9.80	0.76	0.00	0.45
6	6.5	5.8	14.30	0.77	10.23	1.65
7	7.6	6.8	14.30	1.20	10.23	2.00
8	8.8	7.8	10.10	4.33	0.00	2.80
9	10.1	8.7	10.30	5.43	0.00	3.10
10	10.1	8.8	11.30	5.43	0.00	4.00
11	10.6	9.8	13.40	6.21	0.00	4.90
12	10.2	9.7	10.90	6.42	0.00	4.40
13	10.2	9.6	9.70	6.43	0.00	4.30
14	9.8	9.5	8.50	5.40	0.00	3.20
15	8.7	9.3	9.10	5.40	10.23	3.00
16	9.6	9.2	9.10	3.80	10.23	2.10
17	11.7	9.1	13.40	2.75	0.00	1.75
18	13.6	9	13.40	1.40	0.00	1.00
19	17.5	8.9	11.10	1.32	0.00	0.60
20	17.5	8.8	10.30	0.88	0.00	0.45
21	20.5	8.7	9.30	0.78	0.00	0.40
22	19	8.6	8.40	0.76	0.00	0.45
23	10	8.5	9.76	0.73	0.00	0.32
24	7	8.4	9.60	0.74	0.00	0.30

Total	247.1	186.18	254.8	63.9	40.92	42.6
Lx	92	-145	0	-50	156	-45
Ly	0	0	38	0	0	0

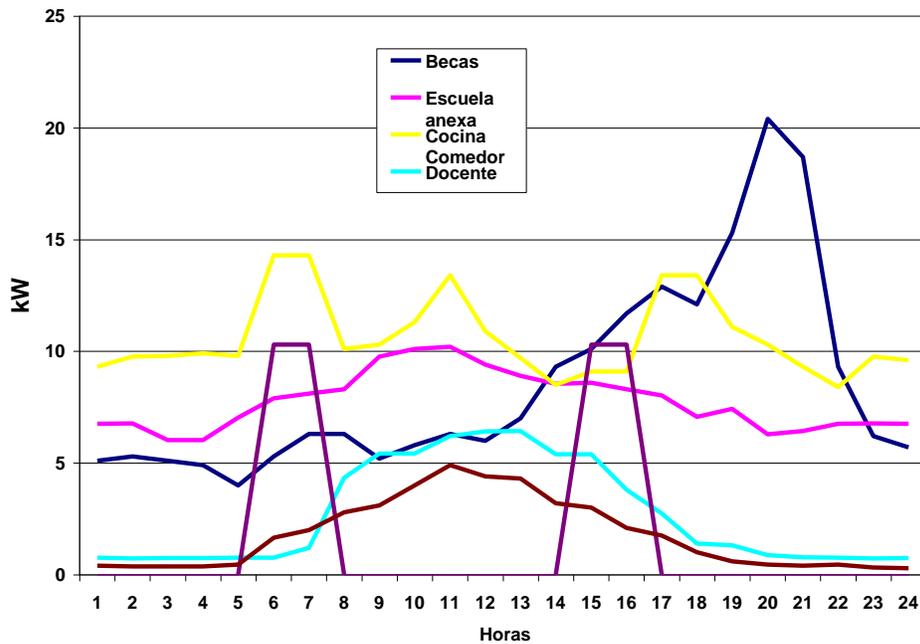


Fig. 2.6 Gráficos de carga de las áreas de la SCB

Tabla 2.6.1 Coordenadas parciales y finales del centro de carga por horas

Hora	x	y
1	-22.78	16.13
2	-21.31	16.44
3	-18.12	17.19
4	-19.13	17.45
5	-30.09	17.25
6	25.46	14.11
7	25.77	13.54
8	-25.72	13.22
9	-36.25	12.75
10	-33.76	13.16

11	-30.39	14.10
12	-31.17	12.66
13	-26.47	11.51
14	-16.52	10.18
15	27.02	7.96
16	33.41	8.02
17	0.46	13.74
18	3.84	14.99
19	11.38	12.00
20	28.90	10.34
21	25.74	10.04
22	-3.14	12.66
23	-16.66	15.81
24	-19.23	16.01
Coordenadas promedio.	-7.03	13.39
Error medio cuadrático (σ_x ; σ_y).	4.72	0.80

En la (fig. 2.6.1) aparece la ubicación ideal de banco de transformadores según las coordenadas obtenidas.

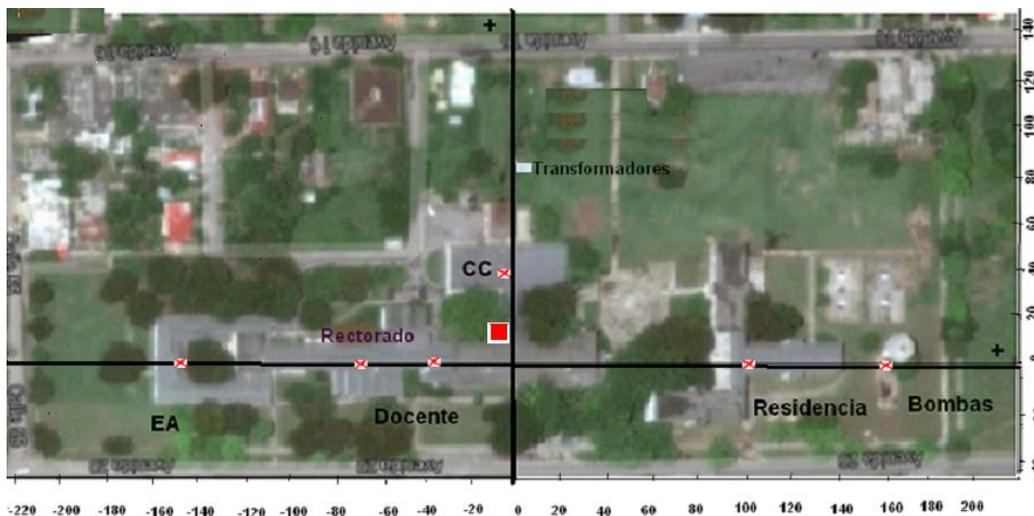


Fig. 2.6.1 Ubicación ideal de banco de transformadores

2.7 Análisis de la aplicación de la Factura M1-A en la SCB

En la Tabla 2.7 se muestran los consumos mensuales y costos debidos al consumo en madrugada, día y pico, el cargo por demanda contratada, las pérdidas en los transformadores y el valor del Factor K correspondiente al mes mostrado (6/15).

Tabla 2.7 Valores de consumos mensuales y costos debidos al consumo en madrugada, día y pico

K= 4.7805 Transformadores 3*50 KVA $\text{fp}=0.92$ Factura Eléctrica UNE Prov. (6/15)

Componente de la factura	Valor	Ecuación	Resultado (Pesos)
Demanda contratada	55 kW	Demanda x 7	385.00
Demanda real			
Consumo madrugada (kWh)	5489	$\text{kWh} \times 0.0161 \times k + \text{kWh} \times 0.064$	773.76
Consumo Día (kWh)	10369	$\text{kWh} \times 0.0241 \times k + \text{kWh} \times 0.064$	1858.23
Consumo Pico (kWh)	3035	$\text{kWh} \times 0.0481 \times k + \text{kWh} \times 0.064$	892.11

Total (Día+Mad. Pico) (kWh)	18893		3524.11
Pérdidas de transformadores, (kWh)	Pfe=0.834 Pcu=2.3 (kW)	$P_{fe} \times 720 + F_c^2 \times 720 \times P_{cu}$ $F_c = (kWh / (FP \times 720)) / KVA$ tranf. Pérdidas=616.44 kWh	79.53
IFN (pesos)		Costo demanda contratada+Costo kWh+Costo Pérdidas de los transformadores	3988.04
Bonificación o penalización por factor de potencia (pesos)	FP=0.92	$IFN \times ((0.92/FP)-1) =$ $IFN \times ((0.92/0.92)-1) = 0$	0
Factura final		IFN+Bonificación	3988.04

2.7.1 Oportunidades de ahorro económico por concepto de Demanda Contratada y aumento del Factor de Potencia

En la fig. 2.7 se muestra el comportamiento de la demanda contratada, la real y el Factor de Potencia mensual en el 2015. En marzo de 2015 se disminuyó la Demanda Contratada de 80 KW a 55 KW, lo que significó un ahorro mensual de 175 pesos. La diferencia actual entre la DC y la DR es pequeña, por lo que no se presentan oportunidades significativas de ahorro (en pesos).

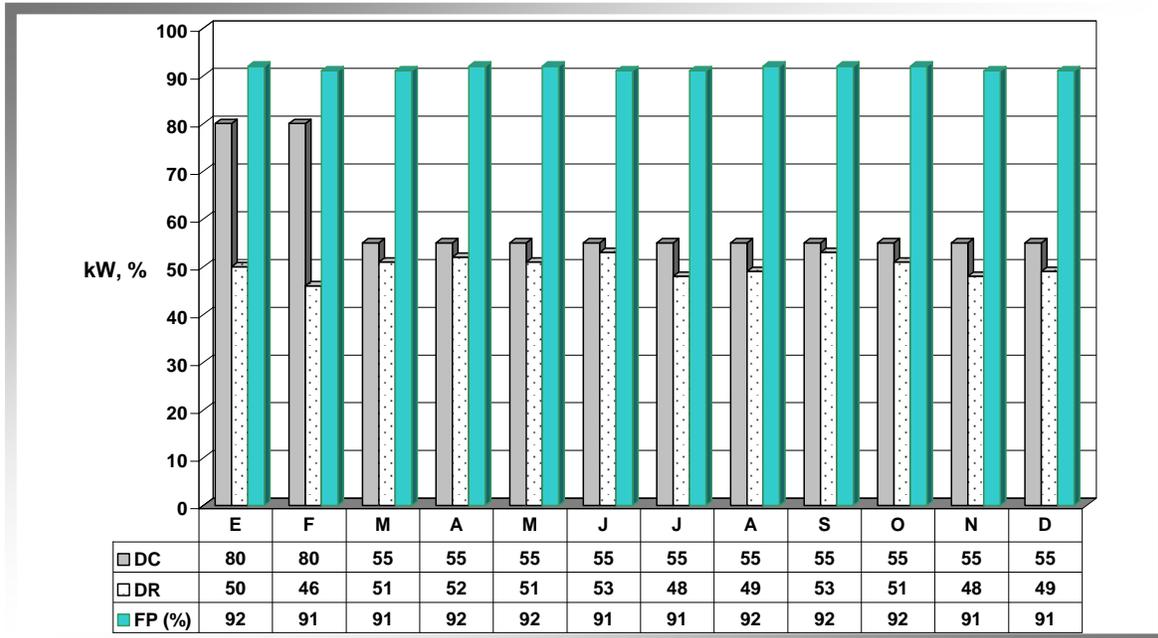


Fig.2.7 Comportamiento de la demanda contratada, la real y el Factor de Potencia mensual en 2015

El Factor de potencia ha presentado un promedio mensual que oscila entre 0.91 y 0.92, por lo que la SCB no es penalizada, pero tampoco bonificada. Si se compensara el FP en límites iguales o superiores a 0.96, se obtendrían los beneficios económicos que muestra la Tabla 2.7.1. Para realizar esto se utiliza el valor de facturación normal de la Tabla 2.7.

Al elevarse el FP disminuye el valor de las pérdidas de cobre, debido a la disminución del Factor de carga, como muestran las ecuaciones 1 y 2. Las pérdidas de núcleo (Pfe) son similares, pero las de cobre disminuyen.

$$P_{fe} * 720 + F_c^2 * 720 * P_{cu} \quad (2.7)$$

$$F_c = \frac{\left(\frac{kWh}{FP * 720} \right)}{KVA \text{ nominales}} \quad (2.7)$$

Fc= Factor de carga promedio mensual

En la Tabla 2.7.1 se muestran los beneficios económicos y energéticos al aumentar el FP.

Tabla 2.7.1 Disminución de la Factura Eléctrica al mejorar el factor de potencia
(elaboración propia)

FP	0.92	0.96
IFN	3524.11	3524.11
DC	385.00	385.00
Pérdidas t.	616.35 kWh	613.83
Pfe	600.48 kWh	600.48
Pcu	15.87	13.35
Bonificación	0	-158.48
Importe total, pesos	4023.49	3854.82
Ahorro mensual		168.87
Ahorro anual		2024.04

2.7.2 Oportunidades de ahorro económico y de energía en los transformadores de distribución

La fig. 2.5.2 muestra el comportamiento de las demandas reales (kW) durante 2015. La potencia total del banco de transformadores es de 150 KVA. La demanda máxima promedio es de 45 kW. Como el factor de potencia ha tenido un comportamiento estable en los límites de 0.91:0.92. El Consumo total del año 2015 fue de 222 000 kWh, lo que arroja un promedio mensual de 18 500 kWh

Con base en los datos anteriores y con la utilización de la fórmula se calcula el transformador que se comporte con mayor eficiencia:

Tabla 2.7.2 Comportamiento de las pérdidas con transformadores de menor potencia (elaboración propia)

Potencia nominal (KVA)	Factor de carga promedio Mensual (KVA promd/KVA nom)	Pfe	Pcu	Pérdidas mensuales kWh	Costo mensual	Ahorro anual
3*50=150	0,18	0,813	2,218	652	124,57	-----
3*37.5=112.5	0,24	0,516	1,87	472	90,28	411,40
3*25=75	0,37	0,443	1,306	473	90,39	410,16

Con transformadores de 37,5 KVA y 25 KVA se obtiene una mayor eficiencia y ahorros anuales similares, aunque es conveniente el uso de 3*37,5 debido a posibles incrementos de la potencia instalada.

2.8 Cálculos para hallar las pérdidas y la eficiencia en la caldera de la SCB

2.8.1 Cálculo para hallar las pérdidas por radiación y convección

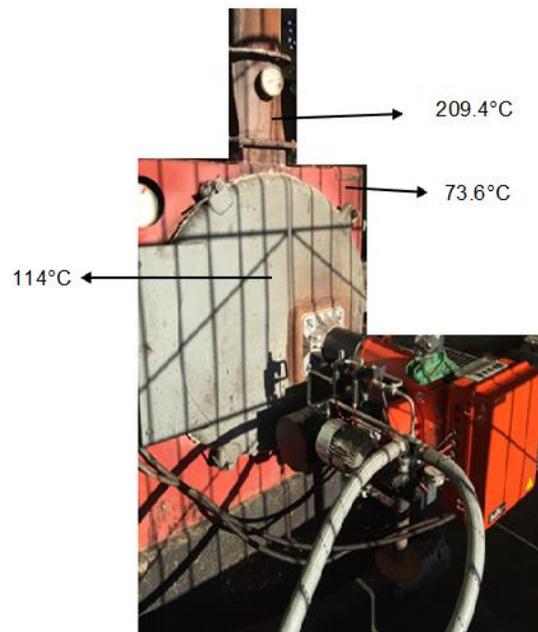


Fig. 2.8 Temperaturas en la superficie frontal de la caldera

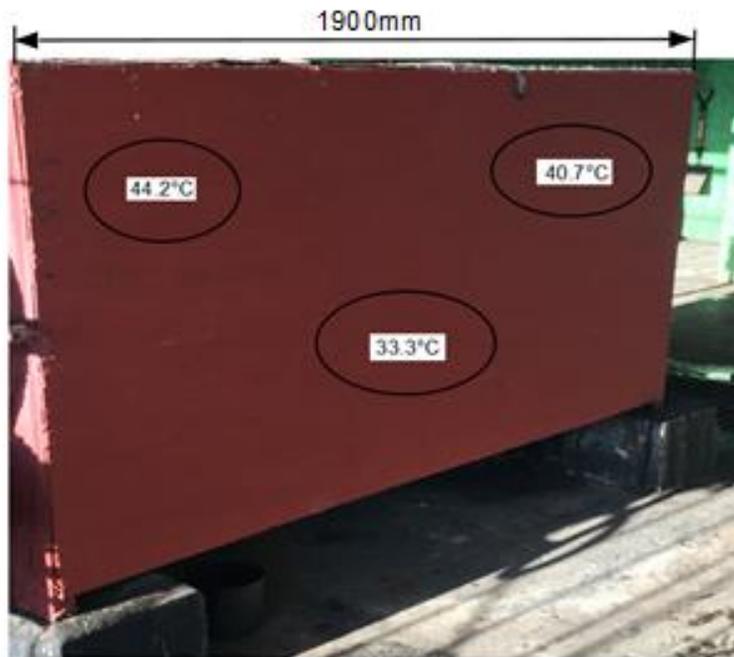


Fig. 2.8.1 Temperaturas en la superficie lateral derecha y longitud de la caldera

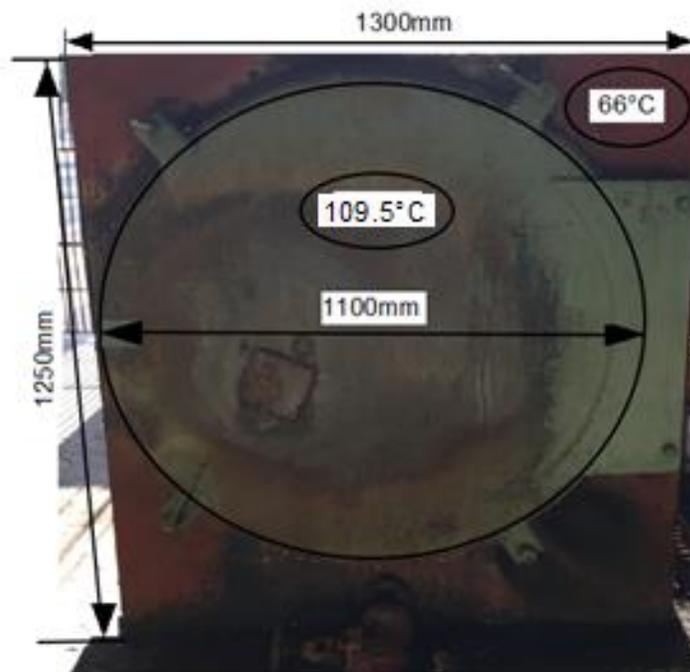


Fig. 2.8.2 Temperaturas en la superficie trasera, alto y ancho de la caldera

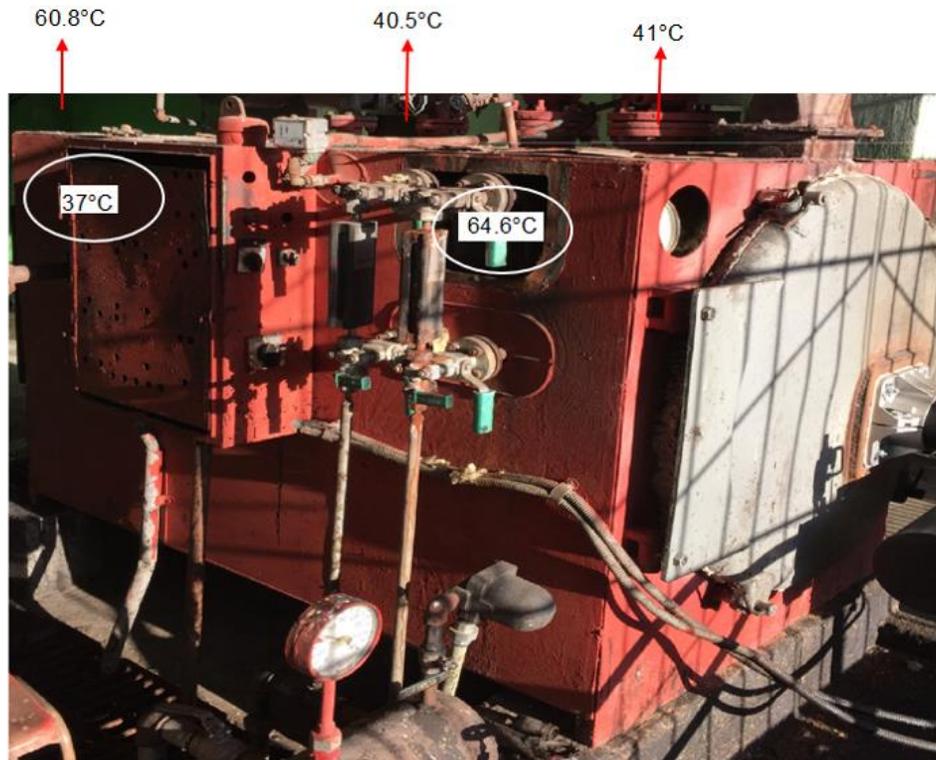


Fig. 2.8.2 Temperaturas en la superficie lateral izquierda y en la superficie superior de la caldera

Tabla 2.8 Datos tomados en el Cuarto de calderas para hallar las pérdidas por radiación y convección.

Datos Tomados	Valores
Temp. ambiental	29°C
Temp. del agua de alimentar	26°C
Combustible consumido en 3h	56.6 Lts

2.8.2 Cálculo del Calor Disponible

El cálculo del calor disponible se realizó para el combustible fuel-oil No.2, porque el proveedor Cupet no brinda las características de los combustibles a sus compradores.(Center for History and New Media, s. f.)

$$Q_d = Q_i + Q_c + Q_{pca} + Q_{vat}, \left(\frac{KJ}{Kg} \right) \quad (2.0)$$

$$Q_c = Cc * Tc, \left(\frac{KJ}{Kg} \right) \quad (2.1)$$

$$Cc = 1.738 + 0.0025 * Tc, \left(\frac{KJ}{Kg * ^\circ C} \right) \quad (2.2)$$

Donde:

Qi: Poder calórico del combustible.

Q_{pca}= 0 (no hay precalentador de aire con vapor).

Q_{vat}= 0 (quemadores de atomización mecánica).

Tc: Temperatura del combustible suministrado al horno °C. (Aníbal Borroto Nordelo & Ángel Rubio González, 2010)

$$Q_d = Q_i + Q_c + Q_{pca} + Q_{vat}, \left(\frac{KJ}{Kg} \right) \quad (2.0)$$

$$Q_d = 39774.6 \frac{KJ}{Kg} + 316.95 \frac{KJ}{Kg}$$

$$Q_d = 40091.55 \frac{KJ}{Kg}$$

$$Q_c = Cc * Tc, \left(\frac{KJ}{Kg} \right) \quad (2.1)$$

$$Q_c = 2.113 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C} * 150^\circ C$$

$$Q_c = 316.95 \frac{KJ}{Kg}$$

$$Cc = 1.738 + 0.0025 * Tc, \left(\frac{KJ}{Kg * ^\circ C} \right) \quad (2.2)$$

$$Cc = 1.738 + 0.0025 * 150^\circ C$$

$$Cc = 2.113 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}$$

2.8.3 Pérdidas de calor por radiación y convección

$$q_5 = \frac{A(\alpha_{conv} + \alpha_{rad})}{1000 * B} * [(T_P - T_A)] \quad (2.3)$$

$$q_5 = \frac{Q_d}{Q_d} * 100; (\%)$$

Donde:

A: Área superficial en; (m²).

B: Flujo del combustible en; (kg/s).

T_P: Temperatura de las paredes exteriores en; (K).

T_A: Temperatura del medio ambiente en; (K).

α_{conv}: Coeficiente de traspaso de calor por convección; (W/m²K).

α_{rad}: Coeficiente de traspaso de calor por radiación; (W/m²K).(Ram Kumar Gopal, 2009)

Calculo de Coeficiente de Traspaso de Calor por Convección (α_{conv}), para superficie horizontal

$$\alpha_{conv} = \frac{\overline{Nu} * \lambda}{A}; \left(\frac{kW}{m^2} * K \right) \quad (2.4)$$

Donde:

λ: Conductividad térmica del aire; (W/m*K).

A: Dimensión mínima de la superficie; (m).

$$\overline{Nu} = B * (Gr * Pr)^n \quad (2.5)$$

Donde:

Gr: Número de Grashof.

Pr: Número de Prandtl.

Los coeficientes de B y n se buscan en la Anexos Tabla 1A. El coeficiente B aumenta en un 30% en relación al de la tabla.

$$Gr = \frac{\beta * g * h^3 * \Delta t}{\nu^2} \quad (2.6)$$

Donde:

ν: Viscosidad cinemática del aire; (m²/s).

$$\beta = \frac{1}{T_{MED} + 273} \quad (2.7)$$

$$T_{MED} = \frac{T_{sup} + T_{AMB}}{2} \quad (2.8)$$

$$\Delta T = T_{MED} - T_{AMB} \quad (2.9)$$

Cálculo realizado para las superficies laterales y superior

$$q_5 = \frac{A(\alpha_{conv} + \alpha_{rad})}{1000 * B} * [(T_P - T_A)] * 100; (\%) \quad (2.3)$$

$$q_5 = \frac{7.22(4.9376 + 0.0658)}{1000 * (5.1916 * 10^{-3})} * [(318.26 - 302)] * 100$$

$$q_5 = \frac{36.1245}{5.1916} * [(318.26 - 302)] * 100$$

$$q_5 = \frac{6.9582 * 16.26}{40091.55} * 100$$

$$q_5 = 2.8220 * 10^{-3} * 100$$

$$q_5 = 0.282\%$$

Cálculo realizado para las superficies frontal y trasera

$$q_5 = \frac{3.25(4.9376 + 1.2694)}{1000 * (5.1908 * 10^{-3})} * [(363.7 - 302)] * 100; (\%)$$

$$q_5 = \frac{20.14}{5.1916} * 61.7 * 100; (\%)$$

$$q_5 = \frac{3.1705 * 61.7}{40091.55} * 100; (\%)$$

$$q_5 = \frac{195.6198}{40091.55} * 100; (\%)$$

$$q_5 = 5.97 * 10^{-3} * 100$$

$$q_5 = 0.597(\%)$$

Sumando las pérdidas se obtiene $q_5=0.879\%$

Cálculo del Coeficiente de Traspaso de Calor por Convección (α_{conv}), para superficie horizontal

Cálculo realizado para las superficies laterales y superior

$$\alpha_{conv} = \frac{\overline{Nu} * \lambda}{A}; \left(\frac{kW}{m^2} * K \right) \quad (2.4)$$

$$\alpha_{conv} = \frac{\overline{Nu} * 0.0269}{1.9}$$

$$\alpha_{conv} = \frac{348.7575 * 0.0269}{1.9}$$

$$\alpha_{conv} = 4.9376 \left(\frac{kW}{m^2} * K \right)$$

$$\overline{Nu} = B * (Gr * Pr)^n \quad (2.5)$$

$$\overline{Nu} = B * (1.3880 * 10^{10} * 0.7117)^n$$

$$\overline{Nu} = 0.1755(9\ 878\ 396\ 000)^{0.33}$$

$$\overline{Nu} = 348.7575$$

$$Gr = \frac{\beta * g * h^3 * \Delta t}{\nu^2} \quad (2.6)$$

$$Gr = \frac{(3.2244 * 10^{-3}) * 9.8 * h^3 * 8.13}{(15.9959 * 10^{-6})^2}$$

$$\beta = \frac{1}{T_{MED} + 273} \quad (2.7)$$

$$\beta = \frac{1}{37.13 + 273}$$

$$\beta = (3.2244 * 10^{-3})$$

$$T_{MED} = \frac{T_{sup} + T_{AMB}}{2} \quad (2.8)$$

$$T_{MED} = \frac{45.26 + 29}{2}$$

$$T_{MED} = 37.13^\circ C$$

$$\Delta T = T_{MED} - T_{AMB} \quad (2.9)$$

$$\Delta T = 37.13 - 29$$

$$\Delta T = 8.13$$

Cálculo realizado para las superficies frontal y trasera

$$\alpha_{conv} = \frac{\overline{Nu} * \lambda}{A}; \left(\frac{kW}{m^2} * K \right) \quad (2.4)$$

$$\alpha_{conv} = \frac{\overline{Nu} * 0.0269}{1.3}$$

$$\alpha_{conv} = \frac{\overline{Nu} * \lambda}{A}$$

$$\overline{Nu} = B * (Gr * Pr)^n \quad (2.5)$$

$$\overline{Nu} = B * (1.3880 * 10^{10} * 0.7117)^n$$

$$\overline{Nu} = 0.1755(9\ 878\ 396\ 000)^{0.33}$$

$$\overline{Nu} = 348.7575$$

$$Gr = \frac{\beta * g * h^3 * \Delta t}{\nu^2} \quad (2.6)$$

$$Gr = \frac{(3.004 * 10^{-3}) * 9.8 * (1.25)^3 * 61.77}{(15.9959 * 10^{-6})^2}$$

$$Gr = \frac{3.5516}{(15.9959 * 10^{-6})^2}$$

$$Gr = 1.3880 * 10^{10}$$

$$\beta = \frac{1}{T_{MED} + 273} \quad (2.7)$$

$$\beta = \frac{1}{59.88 + 273}$$

$$\beta = (3.004 * 10^{-3})$$

$$T_{MED} = \frac{T_{sup} + T_{AMB}}{2} \quad (2.8)$$

$$T_{MED} = \frac{90.77 + 29}{2}$$

$$T_{MED} = 59.88^{\circ}C$$

$$\Delta T = T_{MED} - T_{AMB} \quad (2.9)$$

$$\Delta T = 90.77 - 29$$

$$\Delta T = 61.77$$

Cálculo del Coeficiente de Traspaso de Calor por Radiación (α_{rad})

$$q_{RAD} = \xi_{RED} * CO \left[\left(\frac{T_P}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_A}{100} \right)^4 \right] \quad (2.10)$$

Donde:

T_P : Temperatura media de las paredes exteriores; ($^{\circ}C$).

T_A : Temperatura del medio ambiente; ($^{\circ}C$).

$$\xi_{RED} = \frac{1}{\frac{1}{\xi_P} + \frac{1}{\xi_A} - 1} \quad (2.11)$$

Donde:

ξ_P : Emisividad de la pared.

ξ_A : Emisividad del ambiente.

Se toma $\xi_P = 0.5$ y $\xi_A = 0.5$

Cálculo del Coeficiente de Traspaso de Calor por Radiación (α_{rad}).

Cálculo realizado para las superficies laterales y superior

$$q_{RAD} = \xi_{RED} * CO * \left[\left(\frac{T_P}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_A}{100} \right)^4 \right] \quad (2.10)$$

$$q_{RAD} = 0.3333 * 5.67 \left[\left(\frac{45.26}{100} \right)^4 - \left(\frac{29}{100} \right)^4 \right]$$

$$q_{RAD} = 1.8898(0.0419 - 0.00707281)$$

$$q_{RAD} = 0.0658 \text{ W/m}^2 \text{ } ^{\circ}C$$

$$\xi_{RED} = \frac{1}{\frac{1}{\xi_P} + \frac{1}{\xi_A} - 1} \quad (2.11)$$

$$\xi_{RED} = \frac{1}{\frac{1}{0.5} + \frac{1}{0.5} - 1} = \frac{1}{3} = 0.333$$

Cálculo realizado para las superficies frontal y trasera

$$q_{RAD} = \xi_{RED} * CO * \left[\left(\frac{T_P}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_A}{100} \right)^4 \right] \quad (2.10)$$

$$q_{RAD} = 0.3333 * 5.67 \left[\left(\frac{90.77}{100} \right)^4 - \left(\frac{29}{100} \right)^4 \right]$$

$$q_{RAD} = 1.8898(0.6788 - 0.00707281)$$

$$q_{RAD} = 1.2694 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\xi_{RED} = \frac{1}{\frac{1}{\xi_P} + \frac{1}{\xi_A} - 1} \quad (2.11)$$

$$\xi_{RED} = \frac{1}{\frac{1}{0.5} + \frac{1}{0.5} - 1} = \frac{1}{3} = 0.333$$

2.8.4 Cálculo para hallar la eficiencia la caldera

Datos:

Consumo de combustible: 18.69kg.

Consumo de agua: 225 kg.

Temperatura del agua de alimentar 27°C.

Presión de trabajo de la caldera 6bar.

Calor útil

$$Q_1 = D_v * (h_{vs} - h_{aa}) + D_p * (h_p - h_{aa}) \quad (2.12)$$

Donde:

D_v: Flujo de vapor producido en la caldera, Kg/h.

h_v: Entalpia del vapor producido, KJ/Kg.

h_{aa}: Entalpia del agua de alimentación, KJ/Kg.

D_p : Flujo gasto de agua extraída, Kg/h.

h_p : Entalpia del agua en la purga, KJ/Kg.(Aníbal Borroto Nordelo & Ángel Rubio González, 2010)

$$Q_1 = D_v * (h_{vs} - h_{aa}) + D_p * (h_p - h_{aa}) \quad (2.12)$$

$$Q_1 = 225 * (2762.75 - 113.281) + 4.5 * (697.002 - 113.281)$$

$$Q_1 = 225 * (2649.469) + 4.5 * (583.721)$$

$$Q_1 = 596128.5 + 2626.74$$

$$Q_1 = 598755.24 \text{ KJ/h}$$

Gasto de Combustible

$$Bc = \frac{Q_1}{Q_d * \eta} \quad (2.13)$$

η : Eficiencia de la caldera.

$$Bc = \frac{Q_1}{Q_d * \eta} \quad (2.13)$$

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_d * Bc}$$

$$\eta = \frac{598755.24}{40091.55 * 18.69}$$

$$\eta = 0.79$$

$$\eta = 79\%$$

2.9 Análisis para incrementar el uso del GLP en la cocción de los alimentos

En el estudio realizado a los Portadores Energéticos de la SCB, se observó que hubo meses del año 2015 y 2016 en que la caldera presentó roturas y quedo fuera de servicio, por lo cual la SCB se vio obligada a incrementar el uso del GLP para no interrumpir su cronograma de actividades. Es por esto que se decide investigar cual será el consumo de GLP para la elaboración de alimentos, si no se utilizara la caldera, para conocer que sería más rentable para la SCB, el uso del vapor o del GLP.

Para concretar esta investigación se utilizaron las formulas del artículo realizado por el (MSc.) Acosta, “Como Ahorrar con el Gas Licuado”. Este estudio se realizó para un comedor obrero que cocina para 160 comensales, por lo que, para aplicar esta investigación al área de elaboración de alimentos de la SCB, se utilizó el software Curve Expert 1.3, el que permitió determinar la ecuación para calcular el consumo de GLP en función del número de comensales.

A continuación, se muestran los datos con los cuales se obtuvo la ecuación lineal. Solo se trabajó con el número de comensales y el consumo de GLP para desayuno, almuerzo y comida (D-A-C) de un mes.

Personas	D-A-C	D-A	Almuerzo	Comida	Media
5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,3
10	0,6	0,4	0,3	0,2	0,5
15	0,8	0,5	0,4	0,3	0,6
20	1,0	0,6	0,5	0,4	0,8
25	1,1	0,7	0,5	0,4	0,9
30	1,3	0,8	0,6	0,5	1,0
35	1,4	0,9	0,7	0,6	1,1
40	1,6	1,0	0,8	0,6	1,3
45	1,7	1,0	0,8	0,7	1,4
50	1,8	1,1	0,9	0,7	1,5
55	2,0	1,2	1,0	0,8	1,6
60	2,1	1,3	1,0	0,8	1,7
65	2,2	1,4	1,1	0,9	1,8
70	2,4	1,4	1,1	0,9	1,9
75	2,5	1,5	1,2	1,0	2,0
80	2,6	1,6	1,3	1,0	2,1
85	2,7	1,6	1,3	1,1	2,2
90	2,8	1,7	1,4	1,1	2,3
95	2,9	1,8	1,4	1,2	2,4
100	3,0	1,8	1,5	1,2	2,4
105	3,1	1,9	1,5	1,2	2,5
110	3,3	2,0	1,6	1,3	2,6
115	3,4	2,0	1,6	1,3	2,7
120	3,5	2,1	1,7	1,4	2,8
125	3,6	2,2	1,7	1,4	2,9
130	3,7	2,2	1,8	1,4	3,0
135	3,8	2,3	1,8	1,5	3,0
140	3,9	2,3	1,9	1,5	3,1
145	4,0	2,4	1,9	1,6	3,2
150	4,1	2,5	2,0	1,6	3,3
155	4,2	2,5	2,0	1,6	3,3
160	4,3	2,6	2,1	1,7	3,4

Nota: Los cilindros son de 45 kg; y los meses, de 24 días de trabajo.

Fig. 2.9 Normas de consumo de gas licuado en comedores obreros, en dependencia de las actividades de los usuarios (cilindros/mes).(Inocente Costa Pérez, 2004)

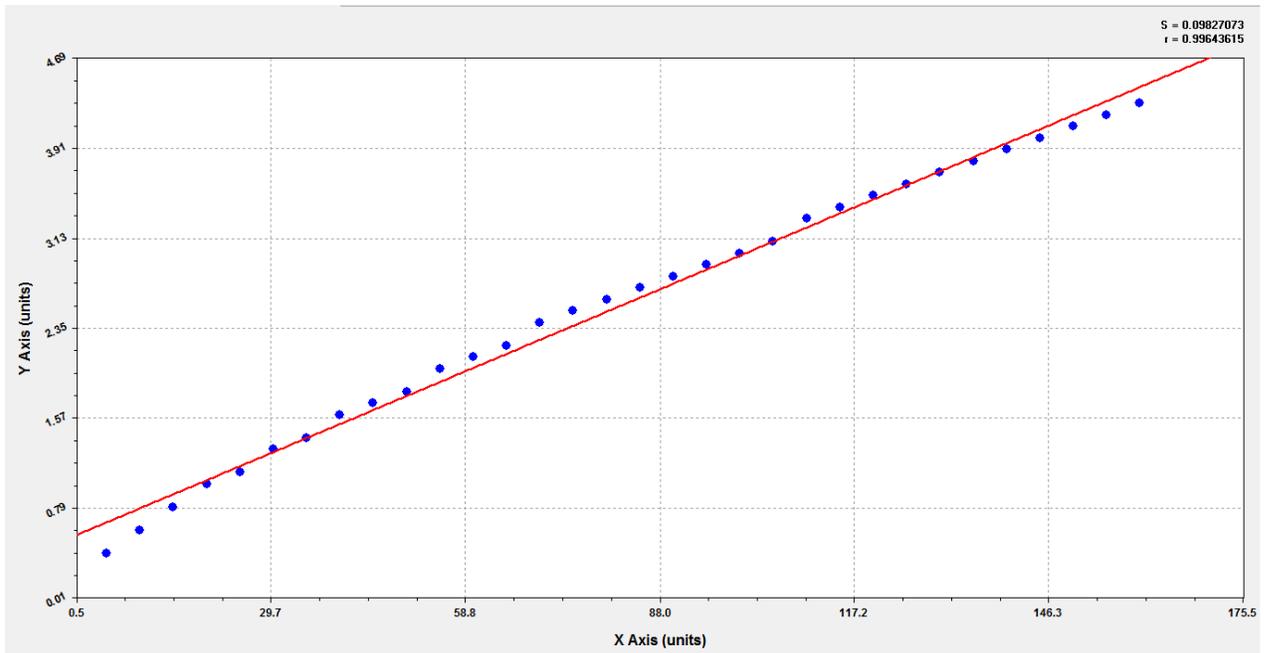


Fig. 2.9.1 Dependencia del No. De balones de 45kg de GLP del No de comensales en un comedor obrero. (Curve Expert)

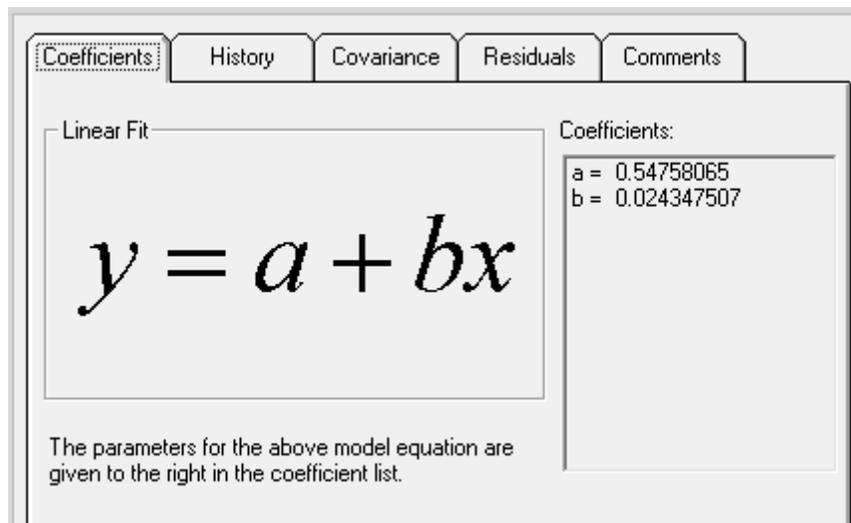


Fig. 2.9.2 Ecuación y valores de los coeficientes obtenidos en el Curve Expert

2.9.1 Cálculo para obtener el consumo de GLP

El siguiente cálculo se realiza aplicando la ecuación obtenida, para pronosticar el consumo de GLP en la SCB, si solo se utilizara este en la cocción de los alimentos.

$$y = a + bx \quad (2.9)$$

Donde:

a y b son coeficientes.

y: Cantidad de cilindros de GLP de 45 kg consumidos en un mes.

b: Cantidad de comensales.

$$y = 0.54758065 + 0.024347507x$$

Tabla 2.9 Comparación del consumo de combustibles utilizando solo el GLP
(elaboración propia)

Meses-2015	Comensales	Comensales Diarios	$y = a + bx$ Balones de 45kg	Fuel oíl (Lts)	Balones de 45kg GLP consumidos
Enero	16131	672.12	16.91	2473	10
Febrero	13657	569.04	14.40	1220	10
Marzo	17346	722.75	17.59	2353	8
Abril	13638	568.25	13.83	621	12
Mayo	15545	647.70	16.31	0	13
Junio	20204	841.83	21.04	880	10
Julio	10505	437.70	11.20	0	8
Agosto	7747	322.79	8.40	0	8
Septiembre	23355	973.12	24.24	680	10
Octubre	22258	927.41	22.58	1390	10
Noviembre	21482	895.08	22.34	1599	10
Diciembre	15341	639.20	16.11	1131	12

Como muestra la Tabla 2.9 en los meses que la caldera se encontraba fuera de servicio el consumo de GLP calculado fue similar al demandado por la SCB.

2.10 Conclusiones del capítulo

1. En la Auditoria Energética Realizada, se halló un número elevado de equipos altos consumidores de energía en la Residencia Estudiantil para Extranjeros y en las Cafeterías.
2. En el estudio realizado para la ubicación ideal del banco de transformadores, se constató que este se encuentra correctamente ubicado ya que las variaciones obtenidas con respecto a la ubicación actual no son posible debido a las características constructivas de la SCB.
3. En el análisis que se efectuó para elevar el factor de potencia de 0.92 a 0.96 se comprobó que esto sería conveniente, pues se bonificaría la tarifa eléctrica de la SCB, ahorrando así parte de su presupuesto.
4. Se comprobó que existen oportunidades de ahorro económico y de energía si se sustituyen los transformadores actuales por tres de 37.5 KVA.
5. Se evidenció que la demanda contratada se encuentra en los parámetros adecuados desde el mes de marzo del 2015.
6. La investigación del cuarto caldera arrojó que por causa de las pérdidas en esta por radiación y convección se pierden mensualmente un aproximado de 15.90 l de combustible lo que equivalen 190.8 l al año.
7. El cálculo de la eficiencia en la caldera dio como resultado que esta se encuentra a un 79%.
8. El cálculo realizado para pronosticar el consumo de GLP sin la utilización de la caldera demostró proporciones similares con los meses en los que no se utilizó esta.



Capítulo III



Capítulo III. Análisis Económico

3.0 Análisis de resultado y potencialidades de ahorro en Portadores Energéticos

A partir de los resultados obtenidos en el capítulo anterior se realiza un análisis para determinar cuáles son las áreas en las que existe un mayor consumo de energía, y las potencialidades de ahorro en estas. La fig. 3 muestra el consumo de energía eléctrica por zona en la SCB.



Fig. 3 Consumo de energía eléctrica por zona en la SCB

Como se puede apreciar en la fig. 3 la Residencia Estudiantil es la que más consumo de energía presenta debido al alto número de equipos eléctricos que tienen los estudiantes extranjeros. Seguido a esta continua la Escuela Anexa, la cual tiene

equipos altos consumidores de energía en los laboratorios de computación y las cafeterías. Después se ubican el Docente, el Rectorado y la Cocina Comedor que aparte de consumir energía eléctrica también consume GLP y fuel-oil por lo que aumenta su importancia como consumidor de energía.

3.1.1 Posibilidades de ahorro mediante la sustitución de monitores

Tabla 3.1 Monitores (TRC) existentes y su consumo

Equipo	Cantidad	Consumo Promedio Diario (kW/h)	Consumo Promedio Mensual (kW/h)	Consumo Promedio Anual (kW/h)
TRC	55	88	2112	23232

Tabla 3.1.2 Consumo de monitores LCD si fueran sustituidos

Equipo	Cantidad	Consumo Promedio Diario (kW/h)	Consumo Promedio Mensual (kW/h)	Consumo Promedio Anual (kW/h)
LCD	55	68.2	1636.8	18004.8

Tabla 3.1.3 Total de la inversión a efectuar

Modelo del Equipo	Precio M.N	Precio C.U.C	Total Inv. M.N	Total Inv. C.U.C
Atec- Haier	43.42	155.10	2388.1	8630

Nota: El consumo promedio diario se tomó para 24 días y el consumo promedio anual se hizo para 11 meses.

$$Ahorro \left(\frac{kW}{h} \right) = CPA(TRC) - CPA(LCD) \quad (3.1)$$

$$Ahorro \left(\frac{kW}{h} \right) = 23232 - 18004.8 = 5227.2 \text{ kW/h}$$

CPA: Consumo Promedio Anual.

$$AA(M.N) = Consumo Total * Factor k * 0.241 + Consumo * 0.064 \quad (3.1.2)$$

$$AA(M.N) = 5227.2 * 4.77 * 0.0241 + 5227.2 * 0.064 = 935.44$$

$$AA(C.U.C) = 5227.2 * 0.21 = 1097.71 \quad (3.1.3)$$

AA: Ahorro anual en pesos

Tabla 3.1.4 Factor K año 2015

2015	Factor K
Enero	5.1695
Febrero	5.8013
Marzo	4.7027
Abril	4.6031
Mayo	4.7805
Junio	4,8218
Julio	5.0601
Agosto	5.0116
Septiembre	4.8773
Octubre	4.0424
Noviembre	4.1593
Diciembre	4.2311
Factor K Promedio	4.77

Debido a que en Cuba circulan dos monedas un análisis económico resulta algo complejo, por lo que se tomó la decisión de unificar la moneda a la tasa de cambio actual para resolver este obstáculo.

Tasa de Cambio: 24 pesos en M.N = 1 peso en C.U.C = 1 USD

3.1.2 Resultados del análisis económico en M.N y C.U.C para la sustitución de monitores

Para invertir en cincuenta y cinco monitores LCD a los precios que ofrece la empresa “Copextel” harían falta \$207120.1 M.N que equivalen a \$8630 C.U.C. Aplicando la ecuación (3.2.1) da como resultado que la SCB ahorrará solo \$935.44 M.N anualmente si realizara dicha inversión, por lo que el estudio económico (Anexos

fig. 1A) arrojó que no es factible puesto que en diez años solo se habrá recuperado el 15.7% de la inversión.

Otro análisis efectuado, para ver si esta inversión es viable para el país, tomando que generar en la actualidad 1kW/hora, le cuesta a este 0.21 USD dio un resultado más alentador (Anexos fig. 2A), pero aun así no es factible dicha inversión, puesto que en diez años solo se habrá recuperado el 74.57% de esta.

3.2 Posibilidades de ahorro por concepto de reparación de la caldera

La Tabla 3.2 muestra el presupuesto necesario brindado por la “Empresa de Calderas Alastor”, para reparar los problemas que presenta la caldera. Con esta reparación la misma debe elevar su eficiencia de un 79% a los parámetros del fabricante los cuales están entre un 85%-88%. La siguiente investigación se hizo para una eficiencia final de 88%. Para esto se tuvieron presentes los gastos que genera esta anualmente debido al consumo de energía y el salario de los operarios. El consumo de energía anualmente en la caldera es de 4041.24kW/h, aplicando las ecuaciones (3.1.2) y (3.1.3) se obtiene el costo de esto para la SCB que es de \$723.21 M.N, y para el país de 848.66 USD, mientras que el gasto producto del salario de los operarios anualmente es de: \$8089.2 M.N.

La caldera consume cada año un aproximado de 16210 l de fuel-oil que le cuestan a la SCB \$867.78 M.N, pero al país le cuestan \$11022.8 USD, de estos se pierde un 21%. Si se restaurara la caldera y se elevara su eficiencia a un 88% se ahorraría un 9% de combustible lo que equivaldría un ahorro de 1458.9 l de combustible, \$78.10 M.N para la SCB y \$992.05 USD para el país.

La inversión total para restaurar la caldera es de \$299686.63 M.N o \$12486.94 C.U.C. Luego de hacer los cálculos necesarios para el análisis económico (Anexos fig. 3A), se obtuvo que con el ahorro anual que esto representaría para la SCB, en diez años se habrá recuperado el 11.36% de la inversión, mientras que con el ahorro que esto significa para el país se recuperará en igual período de tiempo 5.30% (Anexos fig.4A).

Tabla 3.2 Presupuesto necesario para reparar la caldera (“Empresa de Calderas Alastor”)

Accesorios a sustituir	Cantidad a sustituir	Precio por Unidad M.N	Precio por unidad C.U.C
Válvula de hierro con bridas 1”1/2	3	5.67	66.60
Válvula de hierro con bridas 1”	1	4.15	45.76
Válvula de hierro con rosca 3/4	3	2.92	38.74
Válvula de hierro con rosca 1”	1	8.26	73.43
Llaves de paso rosca 1/2	3	3.49	38.58
Laves de paso con rosca 3/4	10	3.71	40.94
Llaves de paso con rosca 1”1/2	4	7.44	93.78
Trampa de vapor con rosca 1/2	4	288.74	291.86
Manómetro de presión de vapor	1	37.64	4.94
Sistema suavizador de agua	1	890	6450
Aislamiento térmico para tanque de agua.	6m ²	3992.23	911.02
Aislamiento térmico para tanque de combustible.	7m ²	4879.62	1119.17
Aislamiento térmico para tubos 1/2	20m	153.70	566.16
Aislamiento térmico para tubos 1”1/2	10m	147.13	458.96
Costo total de la inversión		11370.79	12013.16

3.3 Posibilidades de ahorro con el uso único del GLP para la cocción de los alimentos

Después de los cálculos realizados para obtener el consumo total de GLP para la SCB, si no se utilizara la caldera, se apreció que a los precios que esta compra el GLP en comparación con el fuel oil, la institución podría ahorrar al año según la Tabla 3.3, \$2871.9 M.N, mientras que la Tabla 3.3.1 muestra que a los precios al que el país adquiere estos combustibles, este podría tener un ahorro al año de \$5295.27 USD.

Para sustituir la caldera y usar solo el GLP para la cocción de los alimentos, a pesar de que ya existe parte de la infraestructura para esto, es necesario realizar algunas inversiones para mejorar esta:

- Solucionar los problemas del tanque de almacenamiento de GLP, que a pesar de que ya están compradas las piezas que se deben reemplazar no se ha realizado la reparación de este por causas objetivas y subjetivas.
- Adquirir dos marmitas a gas para lograr que en la cocina existan todos los medios para cocinar a gas.

La inversión total por cada equipo según los precios que ofrece la empresa “Copextel” es de \$166577.55 M.N o \$6940.73 USD, por lo que si se compraran dos marmitas esto le costará a la SCB \$331155.1 M.N o \$13881.46 USD.

El análisis económico (Anexos fig. 5A) dio como resultado que, si se hiciera esta inversión, la SCB en diez años habrá recuperado el 29.81% de esta, mientras que, realizando el mismo estudio para el país, se obtuvo que este recuperará la inversión en un período menor a cuatro años (Anexo fig. 6A).

Tabla 3.3 Comparación de gastos en pesos (M.N) para la SCB, usando F.O + GLP y si se utilizara solamente GLP
(elaboración propia)

Meses Año	Costo consumo F.O en (M.N)	Costo consumo GLP (M.N)	Precio F.O+GLP (M.N)	Consumo calculado del GLP (kg) si no se consumiera F.O	Costo del consumo calculado del GLP(kg) en (M.N) si no se consumiera F.O
Enero	1323.89	445.03	1768.92	761.04	752.64
Febrero	653.11	445.03	1098.14	648.10	640.94
Marzo	1259.65	356.02	1615.68	791.87	783.12
Abril	332.44	534.03	866.48	622.59	615.72
Mayo	0	578.54	578.54	734.29	726.18
Junio	471.09	445.03	916.13	946.98	936.53
Julio	0	356.02	356.02	504.21	498.64
Agosto	0	356.02	356.02	378.30	374.12
Septiembre	364.03	445.032	809.06	1090.83	1078.79
Octubre	744.12	445.032	1189.15	1016.11	1004.89
Noviembre	856.00	445.03	1301.04	1005.32	994.22
Diciembre	605.46	534.03	1139.50	724.98	716.97
Total	6609.84	5384.88	11994.73	9224.67	9122.83

Tabla 3.3.1 Comparación de gastos en pesos (USD) para el país, usando F.O + GLP y si se utilizara solamente GLP
(elaboración propia)

Meses Año	Costo F.O (Lts) consumido en (USD)	Costo GLP (kg) consumido en (USD)	Costos del F.O+GLP en (USD)	Consumo de GLP (kg) si no se consumiera F.O	Costo en (USD) del consumo de GLP(kg) si no se consumiera F.O
Enero	1666.30	360	2026.3	761.04	608.83
Febrero	822.03	360	1182	648.10	518.48
Marzo	1585.45	288	1873.5	791.87	633.49
Abril	418.42	432	850.43	622.59	498.07
Mayo	0	468	468	734.29	587.43
Junio	592.94	360	952.94	946.98	757.58
Julio	0	288	288	504.21	403.36
Agosto	0	288	288	378.30	302.64
Septiembre	458.18	360	818.18	1090.83	872.66
Octubre	936.58	360	1296.6	1016.11	812.89
Noviembre	1077.40	360	1437.4	1005.32	804.26
Diciembre	762.06	432	1194.1	724.98	579.98
Total	8319.40	4356	12675	9224.67	7379.73

3.4 Conclusiones del capítulo III

1. Las zonas que más consumen energía eléctrica en la SCB, son la Residencia Estudiantil y la Escuela Anexa.
2. La inversión para la sustitución de los monitores (TRC) por los (LCD), con los precios que oferta actualmente la empresa “Copextel” no es factible realizarlo puesto que con el ahorro que esto significaría para la SCB en diez años solo se recuperará el 15,7% de la inversión, mientras que con el ahorro que esto significa para el país se habrá recuperado el 74.57%.
3. El análisis efectuado para restaurar la caldera y elevar su eficiencia de un 79% a un 88%, no es viable puesto que el ahorro que esto significará para la SCB, en diez años solo se habrá recuperado el 11.36% de la inversión, mientras que con el ahorro que esto representa para el país se recuperará solo el 5.30%.
4. La investigación para usar solo el GLP en la cocción de los alimentos arrojó que, si se realizara una inversión para implementar esto, la SCB en diez años recuperará el 29.81% de esta, no siendo así para el país puesto que al precio que se compran los combustibles en el mercado internacional la implementación del GLP provocará un ahorro significativo, lo que a su vez hará que la inversión se recupere en un periodo menor de cuatro años.

Conclusiones

1. El SGE que existe en la SCB tiene como principal deficiencia la inexistencia de metros contadores eléctricos por áreas. Esto impide un control más particular del consumo y la aplicación de indicadores que relacionen el consumo con el nivel de actividad (kW/h por becado, kW/h por trabajador, kW/h por metro cuadrado, etc.).
2. En la Auditoria Energética Realizada, se halló un número elevado de equipos altos consumidores de energía en la Residencia Estudiantil para Extranjeros y la Escuela Anexa.
3. El cálculo de la eficiencia en la caldera dio como resultado que esta se encuentra a un 79%, por lo que está por debajo de los parámetros del fabricante que oscilan entre un 85%-88%.
4. Las principales oportunidades de ahorro son: la sustitución de monitores (TRC) por (LCD), las luminarias fluorescentes por las de tecnologías LED, la reparación de la caldera y la implementación del GLP para la cocción de alimentos.
5. La sustitución de la caldera por el uso del GLP en la cocción de los alimentos es la inversión más viable porque esta se recuperará en un corto periodo de tiempo, lo que contribuirá al ahorro de recursos para el país.

Recomendaciones

1. Entregar los resultados obtenidos a la SCB.
2. Tomar las medidas necesarias para controlar el uso de los equipos altos consumidores de energía en la Residencia Estudiantil y la Escuela Anexa.
3. Restaurar el tanque de almacenamiento de GLP y con la infraestructura existente realizar pruebas de cocción solo con GLP, así se comprobará lo expuesto en este documento y se podrá tomar una decisión definitiva en cuanto a si es viable sustituir la caldera o no.
4. Realizar el mismo estudio de implementación del GLP para la cocción de los alimentos en la UCF.
5. Instalar la nueva cámara fría y analizar el consumo de esta.
6. Cada tres meses verificar si el precio de los monitores (LCD) ha tenido rebajas para la sustitución de los monitores (TRC) por estos.
7. Realizar un análisis económico para la sustitución de las luminarias actuales por las de tecnología LED cuando el país comience a comercializar estas, puesto que aquí existe un gran potencial de ahorro de energía.

Bibliografía

- Abastecimiento y Técnico de Material. (2015). Situación de los Portadores Energéticos en la UCP. Universidad de Cienfuegos: ATM
- Borroto Nordelo, A & Rubio González, Á. (2010). Combustión y generación de vapor. La Habana: Félix Varela.
- Borroto, A & Monteagudo. (2006). Gestión y Economía Energética.
- Carpio, C., & Coviello. (2013). Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio.
- Catálogo de Precios para accesorios en Sistemas de Generación de Vapor. (s.f). Cienfuegos: Empresa de Calderas Alastor.
- Centro de Estudios de Energía y Medioambiente (CEEMA). (2009). Norma de la Universidad de Cienfuegos para Sistemas de Gestión de Energía. Universidad de Cienfuegos: CEEMA.
- Centro de Estudios de Energía y Medioambiente (CEEMA). (2013). Experiencias Implementación NC- ISO 50001. Universidad de Cienfuegos: CEEMA
- Charry, J. (2003). Los Indicadores de Gestión y de Resultados en las Entidades del Estado: Diseño, Elaboración, Aplicación, Monitoreo y Evaluación.
- Consumo Energético. (2016). Recuperado a partir de: <http://www.worldenergyoutlook.org/>
- Costa Pérez, I. (2004). Ahorrar con Gas Licuado. Cienfuegos: Centro de Energía Provincial.
- Cuba petróleo. (2015). Factura de combustible en Cienfuegos. Cienfuegos: CUPET
- Empresa Copextel. (2016). Catálogo de Precios. Cienfuegos: Copextel
- Faires, V. M. (1968). Termodinámica. La Habana: Revolucionaria.
- Fernández Pérez, R. (2012). Experiencias y resultados de la implantación del SGTEE en la UCF. Universidad de Cienfuegos, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Giraldo., Ricardo & Mauricio, R. (2008). Seguimiento, Medición, Análisis y Mejora en los sistemas de gestión. La Habana.

Guía rápida de cálculo. (1986). Estados Unidos: Center for History and New Media

Hütte. (1987-a). Manual del Ingeniero t. I. Barcelona: Gustavo Gili S.A

Hütte. (1987-b). Manual del Ingeniero t. II. Barcelona: Gustavo Gili S.A

Incropera, F.P & De Witt, David P. (2007). Fundamentos de Transferencia de Calor. La Habana: ISPJAE.

Índices Energéticos para Estudio de Factibilidad. (2012). La Habana: Ministerio de Finanzas y Precios.

Informe de la Dirección de Economía 12/2015. (2015). La Habana: Dirección Nacional de Economía y planificación.

Kumar Gopal, R. (2009). Influencia de las Pérdidas por Radiación en las Calderas Piro-tubulares. (Tesis de Grado). Universidad "Carlos Rafael Rodríguez", Cienfuegos.

Oficina Nacional de Normalización. (2011). Norma Cubana ISO: 50 001. Cuba: National Bureau of Standards.

Oficina nacional para el uso racional de energía. (ONURE). (s.f). Informe Final de Inspección al Consumo y Control de Portadores Energéticos. Cienfuegos: ONURE.

Peña Acción, J. A. (2012). Modelo de Gestión del Desempeño Energético y de Sostenibilidad Ambiental en Universidades Cubanas. Cienfuegos, Cuba.

Percy Viego. E.T (2007). Temas Especiales de Sistema Eléctricos Industriales. La Habana: Ministerio de Educación Superior.

Pierre, G. (2016). Consumo Energético a Nivel mundial. Recuperado a partir de http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Oilreport_10-2007.pdf

Powell Sardison, I. (2015). Eficiencia Energética. (Trabajo de Diploma). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.

Programa de estudios e investigaciones en energía para la sociedad alemana para la cooperación técnica (GTZ). (2005). Estudio de las relaciones entre la eficiencia energética y el desarrollo económico.

Robert, H. P. (1986). Manual del Ingeniero Químico. México: Mc Graw Hill

Sistemas de Generación y Distribución de Vapor. (1981). La Habana: CNE

Stoecker, W. F. (1975). Procedures for simulating the performance of component and systems for energy calculation. Georgia: ASHRAE.

Anexos

Tabla 1A Coeficientes para el cálculo del coeficiente de traspaso de calor por convección natural.(Ram Kumar Gopal, 2009)

Gr * Pr	B	N
10-3 – 103	1,18	0,125
103 – 108	0,45	0,25
> 108	0,135	0,33

PROYECTO ECONOMIZADOR											
Datos iniciales											
Ingresos (I), \$		935.44	935.44	935.44	935.44	935.44	935.44	935.44	935.44	935.44	935.44
Gastos (G), \$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo inversión (Ko), M.N	207120.1										
Tasa de descuento (r), %		10	10	10	10	10	10	10	10	10	16.35
Tasa de inflación (f), %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	7
Margen de riesgo, %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tasa de impuestos (t), %		20	20	20	20	20	20	20	20	20	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Resultados											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), M.N		20712.01	20712.01	20712.01	20712.01	20712.01	20712.01	20712.01	20712.01	20712.01	20712.01
Flujo de caja (Fc), M.N		4890.754	4890.754	4890.754	4890.754	4890.754	4890.754	4890.754	4890.754	4890.754	7857.2395
Tasa de descuento real (R)		0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.08738318
Tasa de descuento real con margen (D)		0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.11738318
Factor de descuento		0.91077903	0.82951843	0.75550799	0.68810083	0.6267078	0.57079232	0.51986568	0.47348275	0.43123816	0.32959356
Flujo de caja descontado (Fd), M.N		4454.39616	4056.9706	3695.00373	3365.33189	3065.0737	2791.60484	2542.53514	2315.68767	2109.07976	2589.69551
Flujo descontado acumulado (Fda), M.N	-207120.1	-202665.704	-198608.733	-194913.73	-191548.398	-188483.324	-185691.719	-183149.184	-180833.496	-178724.417	-176134.721
VPN, M.N											-176134.721

Fig. 1A Proyecto Economizador para la SCB por la sustitución de monitores

PROYECTO ECONOMIZADOR											
Datos iniciales											
Ingresos (I), \$		1097.71	1097.71	1097.71	1097.71	1097.71	1097.71	1097.71	1097.71	1097.71	1097.71
Gastos (G), \$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo inversión (Ko), USD	8630										
Tasa de descuento (r), %		10	10	10	10	10	10	10	10	10	16.35
Tasa de inflación (f), %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	7
Margen de riesgo, %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tasa de impuestos (t), %		20	20	20	20	20	20	20	20	20	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Resultados											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		863	863	863	863	863	863	863	863	863	863
Flujo de caja (Fc), USD		1050.768	1050.768	1050.768	1050.768	1050.768	1050.768	1050.768	1050.768	1050.768	1015.5615
Tasa de descuento real (R)		0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.08738318
Tasa de descuento real con margen (D)		0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.11738318
Factor de descuento		0.91077903	0.82951843	0.75550799	0.68810083	0.6267078	0.57079232	0.51986568	0.47348275	0.43123816	0.32959356
Flujo de caja descontado (Fd), USD		957.017455	871.631425	793.86362	723.034334	658.524506	599.770308	546.258217	497.520527	453.13126	334.722527
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-8630	-7672.98254	-6801.35112	-6007.4875	-5284.45317	-4625.92866	-4026.15835	-3479.90013	-2982.37961	-2529.24835	-2194.52582
VPN, USD											-2194.52582

Fig. 2A Proyecto Economizador para el país por la sustitución de monitores en la SCB

PROYECTO ECONOMIZADOR											
Datos iniciales											
Ingresos (I), \$		78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1
Gastos (G), \$		8812.41	8812.41	8812.41	8812.41	8812.41	8812.41	8812.41	8812.41	8812.41	8812.41
Costo inversión (K ₀), M.N	299686.63										
Tasa de descuento (r), %		10	10	10	10	10	10	10	10	10	16.35
Tasa de inflación (f), %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	7
Margen de riesgo, %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tasa de impuestos (t), %		20	20	20	20	20	20	20	20	20	35
Vida útil estimada, años		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Resultados											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), M.N		59937.326	59937.326	59937.326	59937.326	59937.326	59937.326	59937.326	59937.326	59937.326	59937.326
Flujo de caja (Fc), M.N		5000.0172	5000.0172	5000.0172	5000.0172	5000.0172	5000.0172	5000.0172	5000.0172	5000.0172	15300.7626
Tasa de descuento real (R)		0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.08738318
Tasa de descuento real con margen (D)		0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.11738318
Factor de descuento		0.91077903	0.82951843	0.75550799	0.68810083	0.6267078	0.57079232	0.51986568	0.47348275	0.43123816	0.32959356
Flujo de caja descontado (Fd), M.N		4553.91079	4147.60643	3777.55295	3440.51599	3133.5498	2853.97144	2599.33732	2367.42191	2156.19822	5043.03277
Flujo descontado acumulado (Fda), M.N	-299686.63	-295132.719	-290985.113	-287207.56	-283767.044	-280633.494	-277779.523	-275180.185	-272812.763	-270656.565	-265613.532
VPN, M.N											-265613.532

Fig. 3A Proyecto Economizador en la SCB por la reparación de la caldera

PROYECTO ECONOMIZADOR											
Datos iniciales											
Ingresos (I), \$		992.05	992.05	992.05	992.05	992.05	992.05	992.05	992.05	992.05	992.05
Gastos (G), \$		1183.71	1183.71	1183.71	1183.71	1183.71	1183.71	1183.71	1183.71	1183.71	1183.71
Costo inversión (Ko), USD	12486.94										
Tasa de descuento (r), %		10	10	10	10	10	10	10	10	10	16.35
Tasa de inflación (f), %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	7
Margen de riesgo, %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tasa de impuestos (t), %		20	20	20	20	20	20	20	20	20	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Resultados											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		1248.694	1248.694	1248.694	1248.694	1248.694	1248.694	1248.694	1248.694	1248.694	1248.694
Flujo de caja (Fc), USD		96.4108	96.4108	96.4108	96.4108	96.4108	96.4108	96.4108	96.4108	96.4108	312.4639
Tasa de descuento real (R)		0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.08738318
Tasa de descuento real con margen (D)		0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.11738318
Factor de descuento		0.91077903	0.82951843	0.75550799	0.68810083	0.6267078	0.57079232	0.51986568	0.47348275	0.43123816	0.32959356
Flujo de caja descontado (Fd), USD		87.8089345	79.9745358	72.8391298	66.3403516	60.4214008	55.0305446	50.1206657	45.6488511	41.5760161	102.986088
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-12486.94	-12399.1311	-12319.1565	-12246.3174	-12179.977	-12119.5556	-12064.5251	-12014.4044	-11968.7556	-11927.1796	-11824.1935
VPN, USD											-11824.1935

Fig. 4A Proyecto Economizador para el país por la reparación de la caldera en la SCB

PROYECTO ECONOMIZADOR											
Datos iniciales											
Ingresos (I), \$		11684.31	11684.31	11684.31	11684.31	11684.31	11684.31	11684.31	11684.31	11684.31	11684.31
Gastos (G), \$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo inversión (Ko), M.N	333155.1										
Tasa de descuento (r) , %		10	10	10	10	10	10	10	10	10	16.35
Tasa de inflación (f) , %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	7
Margen de riesgo, %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tasa de impuestos (t) , %		20	20	20	20	20	20	20	20	20	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Resultados											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), M.N		33315.51	33315.51	33315.51	33315.51	33315.51	33315.51	33315.51	33315.51	33315.51	33315.51
Flujo de caja (Fc), M.N		16010.55	16010.55	16010.55	16010.55	16010.55	16010.55	16010.55	16010.55	16010.55	19255.23
Tasa de descuento real (R)		0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.08738318
Tasa de descuento real con margen (D)		0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.11738318
Factor de descuento		0.91077903	0.82951843	0.75550799	0.68810083	0.6267078	0.57079232	0.51986568	0.47348275	0.43123816	0.32959356
Flujo de caja descontado (Fd), M.N		14582.0731	13281.0464	12096.0985	11016.8728	10033.9366	9138.69904	8323.3354	7580.71931	6904.36014	6346.39974
Flujo descontado acumulado (Fda), M.N	-333155.1	-318573.027	-305291.981	-293195.882	-282179.009	-272145.073	-263006.374	-254683.038	-247102.319	-240197.959	-233851.559
VPN, USD											-233851.559

Fig. 5A Proyecto Economizador en la SCB para la sustitución de la caldera por el GLP en la cocción de los alimentos

PROYECTO ECONOMIZADOR											
Datos iniciales											
Ingresos (I), \$		6478.98	6478.98	6478.98	6478.98	6478.98	6478.98	6478.98	6478.98	6478.98	6478.98
Gastos (G), \$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo inversión (Ko), USD	13881.46										
Tasa de descuento (r), %		10	10	10	10	10	10	10	10	10	16.35
Tasa de inflación (f), %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	7
Margen de riesgo, %		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tasa de impuestos (t), %		20	20	20	20	20	20	20	20	20	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Resultados											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		1388.146	1388.146	1388.146	1388.146	1388.146	1388.146	1388.146	1388.146	1388.146	1388.146
Flujo de caja (Fc), USD		5460.8132	5460.8132	5460.8132	5460.8132	5460.8132	5460.8132	5460.8132	5460.8132	5460.8132	4697.1881
Tasa de descuento real (R)		0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.06796117	0.08738318
Tasa de descuento real con margen (D)		0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.09796117	0.11738318
Factor de descuento		0.91077903	0.82951843	0.75550799	0.68810083	0.6267078	0.57079232	0.51986568	0.47348275	0.43123816	0.32959356
Flujo de caja descontado (Fd), USD		4973.59413	4529.84521	4125.68801	3757.5901	3422.33425	3116.99026	2838.88935	2585.60087	2354.91104	1548.16293
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-13881.46	-8907.86587	-4378.02066	-252.332657	3505.25745	6927.5917	10044.582	12883.4713	15469.0722	17823.9832	19372.1462
VPN, USD											19372.1462

Fig. 6A Proyecto Economizador para el país por la implementación del GLP para la cocción de los alimentos en la SCB



Fig. 7A Cuarto de calderas en la SCB